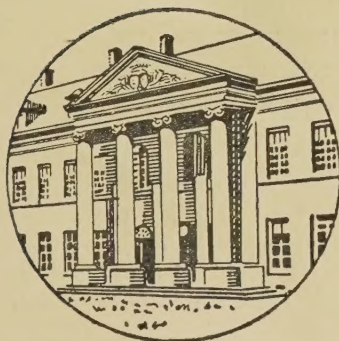
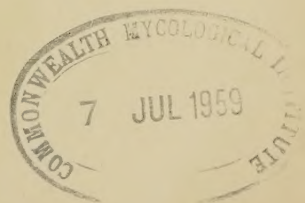
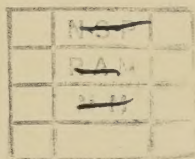


BULLETIN
DE
L'INSTITUT AGRONOMIQUE
ET DES
STATIONS DE RECHERCHES
DE
GEMBLoux



INSTITUT AGRONOMIQUE
DE L'ÉTAT
GEMBLoux (BELGIQUE)



Sommaire

BONNIER, Ch. et BROUWERS, L. Nodulation, en tubes de verre, de Légumineuses à grosses graines cultivées aseptiquement	317
DAGNELIE, P. — Un problème de génétique résolu par le calcul des probabilités	322
DAGNELIE, P. — L'ensilage des fanes de pommes de terre. Étude des résultats d'un essai d'alimentation	326
GALANTI, M. — Nouvelle technique de chromatographie circulaire	330
MOËS, A. — Les mutations induites par les rayons X chez l'orge distique	335
NOIRFALISE, A. et THILL, A. — Les chênaies de l'Ardenne centrale	362
PIRAUX, E. et HÔTE-BAUDART, E. — L'appréciation de l'état d'oxydation du beurre frais par des tests de laboratoire	377
DEMORTIER, G. — Observations météorologiques de l'année 1958.	391
Table générale du Tome XXVI, 1958	403

Les articles sont publiés sous la seule responsabilité de leurs auteurs.

Le *Bulletin de l'Institut Agronomique et des Stations de Recherches de Gembloux* paraît normalement quatre fois par an. Toutefois, provisoirement, le nombre des livraisons a dû être limité.

Le prix de l'abonnement est de 175 francs par an, somme à verser au compte de chèques postaux n° 7621.08 du Bulletin de l'Institut Agronomique de Gembloux (Belgique) ou à payer par mandat postal.

Prix du présent volume : 50 francs. Pour la commande, prière de s'adresser au Secrétariat du *Bulletin*.

a) Le *Bulletin* sera envoyé en échange des publications similaires des Établissements d'Enseignement Supérieur, des publications périodiques des Sociétés scientifiques et des Revues Scientifiques en général.

b) Tout ouvrage scientifique dont un exemplaire est adressé à la Rédaction, sera signalé sous la rubrique « Bibliographie ».

Toute reproduction des articles parus dans le *Bulletin* est strictement interdite, sans autorisation du Comité de Rédaction.

Nodulation, en tubes de verre, de Légumineuses à grosses graines cultivées aseptiquement * ⁽¹⁾

par Charles BONNIER ⁽²⁾ et Léon BROUWERS

Introduction

La culture aseptique des Légumineuses constitue une technique, le plus souvent indispensable, pour la sélection de souches de *Rhizobium* spécifiques, douées de capacités fixatrices d'azote très élevées. Dans la suite logique des travaux de sélection, des cultures aseptiques sont réalisées immédiatement après l'isolement des souches dans la nature ; elles précèdent les essais en vases de végétation et l'expérimentation finale dans les conditions de la pratique agricole.

Cette technique est aisément réalisable avec les Légumineuses à petites graines, tels par exemple *Medicago sativa* ou les divers *Trifolium*. Les semences sont désinfectées extérieurement par action de HgCl_2 à 2,5 pour mille pendant 5 minutes, suivie de 8 à 10 rinçages à l'eau stérile. Elles sont ensuite mises à germer, en boîtes de Pétri, sur un milieu gélosé très riche, celui de WRIGHT par exemple (1) ; il est ainsi très aisé de déceler les plantules non stériles. De ces boîtes de germination, les plantes sont ensuite transférées aseptiquement en tubes de verre (200 × 18 mm) bouchés au coton et contenant un milieu nutritif purement minéral, gélosé à 15 pour mille (2). L'inoculation est réalisée au moyen de quelques gouttes d'une suspension aqueuse de la souche de *Rhizobium* à l'étude. Les tubes sont installés en serre chaude (un éclairage d'appoint est indispensable en jours courts (3) ; ils sont dressés verticalement dans des blocs de bois, qui maintiennent à l'obscurité la partie racinaire des plantules. Celles-ci, ainsi

(*) Déposé à la rédaction le 10 avril 1959.

(1) Travail subsidié par l'Institut national pour l'Étude agronomique du Congo belge.

(2) Associé du Fonds national de la Recherche scientifique.

cultivées aseptiquement, croissent et se développent de façon appréciable. Chez les *Medicago* et les *Trifolium*, les nodosités radiculaires apparaissent assez rapidement, soit 10 à 12 jours après l'inoculation, si les diverses conditions du milieu sont favorables. Pour apprécier les capacités fixatrices d'azote de souches diverses, le milieu minéral garnissant les tubes peut être complètement dépourvu d'azote ; comparé à celui observé en tubes témoins non inoculés, le développement de l'appareil végétatif (abondance, vigueur, teinte du feuillage) constitue un reflet satisfaisant de ce pouvoir fixateur. Un classement de souches peut même être opéré par cette méthode.

Bref, quel que soit le but poursuivi, (inoculations croisées, études de la spécificité, sélection de souches pour l'agriculture), la technique de la culture aseptique en tubes de verre donne entière satisfaction, s'il s'agit de Légumineuses à petites graines.

Il en va tout autrement pour les Légumineuses à grosses graines. Même si on utilise des tubes de verre de grandes dimensions (600×30 mm ou 600×40 mm ou même 600×50 mm), il est extrêmement difficile d'obtenir la formation de nodules sur des espèces des genres *Pisum*, *Phaseolus*, *Soja*, *Arachis* par exemple, en suivant la technique décrite ci-dessus.

Au cours de ces dernières années, nous avons fait de multiples essais, tout particulièrement sur des espèces intéressant les régions équatoriales. Qu'il s'agisse de plantes de couverture et de sidération, de plantes cultivées pour la graine, de plantes fourragères ou de plantes d'ombrage, toutes les Légumineuses d'intérêt économique dans ces régions sont à grosses graines ou à graines moyennes. L'échec a été total pour les espèces à grosses graines (*Arachis*, *Soja*, *Phaseolus* par exemple), même si l'on substitue, au milieu minéral gélosé, de la terre stérile. Quant aux espèces que nous pourrions appeler à graines moyennes, telle *Pueraria javanica* que nous avons expérimentée dans les laboratoires de l'INEAC à Yangambi, elles ont formé des nodules actifs, mais aucune différence végétative n'a pu être observée (4). Seules, la présence ou l'absence de nodosités ainsi que les caractéristiques de celles-ci permettaient des comparaisons. Néanmoins, en raison du caractère indispensable de la culture aseptique pour les Légumineuses à grosses graines, des méthodes particulières ont été mises au point. C'est ainsi que des cultures sur sable stérile, en vases, avec arrosage à l'eau stérile, ont été expérimentées ; dans ce cas, il est extrêmement difficile de maintenir une aseptie complète. Des systèmes ont également été proposés, où seule la partie radiculaire des plantes est maintenue en conditions aseptiques dans un récipient de verre, tandis que la partie aérienne se développe librement. Si cette solution est plus rigoureuse, elle offre cependant des inconvénients ; les techniques sont complexes à ce point, (non seulement pour maintenir l'aseptie des racines mais encore pour alimenter fréquemment en eau stérile le récipient qui les contient), qu'il est impossible de multiplier les essais sur une grande échelle.

Méthode proposée — Essais effectués

On sait qu'il existe une nette incompatibilité entre la formation de nodosités actives chez les Légumineuses, (impliquant une fixation active de l'azote de l'air) et la présence, dans le milieu, (au delà en tous cas d'un seuil peu élevé), d'azote combiné, quelle qu'en soit la forme. Celui-ci peut, dans certains cas, inhiber totalement la formation des nodules. Des essais démonstratifs ont établi clairement ce fait, ainsi d'ailleurs que de multiples observations effectuées en milieux naturels, équilibrés ou non. Nos observations à ce sujet, détaillées ailleurs (4), nous ont amenés à la conclusion suivante : « la symbiose *Rhizobium*-Légumineuses peut être considérée comme une adaptation à un déséquilibre dans le bilan de l'azote ». Sous une forme plus précise, disons que c'est le rapport C/N dans la sève de la Légumineuse qui commande la fixation symbiotique.

Précisément, lorsqu'une Légumineuse à grosses graines est cultivée dans un tube de verre, la photosynthèse s'opère à un rythme plus lent d'une part, tandis que les réserves azotées, emmagasinées dans les cotylédons d'autre part, sont très importantes eu égard au développement limité que la plante peut prendre dans le tube. De sorte que le rapport C/N est, dans ce cas, particulièrement étroit ; il est donc normal que la nodulation soit inhibée.

Pour modifier ce rapport dans un sens favorable, c'est-à-dire l'élargir le plus possible, nous avons songé à agir, soit sur C, par apport de glucides au milieu minéral sur lequel la Légumineuse est cultivée, soit sur N en mutilant profondément les cotylédons. Nous avons expérimenté la deuxième solution, la mutilation des cotylédons, avec des résultats extrêmement nets que nous jugeons utile de rapporter.

En cultures aseptiques :

Des graines de *Soja hispida* et d'*Arachis hypogaea* ont été désinfectées de la façon habituelle et mises à germer sur le milieu de WRIGHT (1). Dès que la racine de l'embryon est devenue perceptible par son gonflement, la plus grande partie des cotylédons a été sectionnée très nettement, au moyen d'instruments stériles. L'opération ne présente aucune difficulté pour un expérimentateur habitué ; il importe évidemment de respecter l'embryon dont la tige et les feuilles sont repliées entre les cotylédons. Les embryons ainsi obtenus, munis seulement de moignons cotylédonaires, sont transférés sur de nouvelles boîtes de Pétri garnies du milieu riche, où l'on peut aisément vérifier, après 24 heures environ, l'intégrité des plantules et leur stérilité. De là, elles sont transférées aseptiquement en tubes de verre de grand format (600 × 30 mm), sur le milieu habituel dépourvu d'azote (2). Après inoculation, les tubes sont dressés en serre sur des porte-tubes qui maintiennent à l'obscurité la partie radiculaire.

De cette façon, nous avons obtenu des nodules sur *Soja* et *Arachis*, exactement de la même manière que nous les obtenons habituellement avec des Légumineuses à petites graines. D'autre part, pour le *Soja* particulièrement, le délai entre l'inoculation et l'apparition des nodules, qui est de 20 à 30 jours en vases de végétation, a été ramené à 10 jours dans certains cas.

Il convient de faire remarquer que les plantes cultivées en tubes et issues de graines mutilées sont d'un format nettement diminué : tiges plus grêles, feuilles plus petites (réduites au tiers) que celles des plantes issues de graines entières. Par contre, le développement des plantules se poursuit plus normalement puisque les plantes de *Soja* issues de graines mutilées fleurissent en tubes de verre et donnent des gousses et des graines ; nous n'avons jamais observé ces phénomènes avec des plantes provenant de graines entières, cultivées dans les mêmes conditions.

Signalons encore que des nodules ont été également obtenus par inoculation de *Soja*, mutilés de cette façon, cultivés dans des tubes de petit format (200 × 18 mm), réservés normalement aux Légumineuses à petites graines. Néanmoins, les résultats sont d'autant meilleurs que les tubes sont plus longs et de diamètre plus grands.

En bacs de végétation :

En raison des résultats très nets obtenus en tubes de verre par la technique de mutilation, telle qu'elle vient d'être décrite, nous avons jugé bon de l'expérimenter également en bacs de végétation, en conditions non stériles.

Des graines de *Soja*, non désinfectées, ont été partagées en deux lots dont l'un fut mis à germer sur papier filtre sans mutilation et l'autre mis à germer avec mutilation des cotylédons. Pour éviter ou limiter une infection parasitaire des graines sectionnées, les lèvres de la plaie ont été, chaque fois, garnies de charbon de bois. Les plantules ont été repiquées en bacs garnis d'un mélange, à parts égales, de terreau de feuilles, de sable et de « Lithoperl », et inoculées au moyen d'une culture liquide.

Les plantes issues de graines entières ont pris une avance très nette ; leur format a toujours été supérieur à celui des plantes mutilées. Le système racinaire notamment, qui nous intéresse particulièrement ici, était fortement réduit chez ces dernières.

Après 20 jours, toutes les plantes ont été prélevées avec précaution, de façon à préserver au maximum les racines, et examinées en ce qui concerne la nodulation. 50 % seulement des plantes issues de graines entières portaient des nodosités, tandis que 90 % des plantes mutilées étaient nodulées, tout en ayant un système racinaire très réduit.

Résumé et conclusions

En éliminant, par mutilation, la plus grande partie des cotylédons de graines de *Soja hispida* et d'*Arachis hypogaea*, nous avons obtenu des nodo-

sités sur des plantes inoculées, cultivées aseptiquement en tubes de verre ; la nodulation de plantes issues de graines entières et cultivées dans les mêmes conditions est pratiquement nulle et ne peut, normalement, être attendue.

De la même façon, des plantes de *Soja*, cultivées en bacs de végétation, sont plus rapidement et plus abondamment nodulées si les cotylédons sont réduits au minimum lors de la germination des graines.

A la suite de ces observations, on peut envisager pour l'avenir la culture en tubes de verre de plantes aseptiques de Légumineuses à grosses graines, dans les mêmes conditions que les espèces à petites graines. Les méthodes spéciales utilisées jusqu'ici, compliquées et coûteuses, peuvent donc être abandonnées. D'autre part, la mutilation des cotylédons, telle que nous l'avons expérimentée, pourrait être envisagée comme technique d'étude des carences minérales.

Les relations très étroites, existant entre le déficit azoté et la nodulation des Légumineuses, sont de nouveau mises en évidence. Ainsi, du point de vue fondamental, ces nouveaux essais apportent un argument supplémentaire qui appuie l'hypothèse que nous avons émise précédemment, sur la fonction de la symbiose considérée du point de vue de l'écologie agricole générale (4).

*
* *

Les auteurs remercient Mademoiselle M.-R. DELOOZ et Monsieur M. BAUDINE, pour l'aide technique qu'ils leur ont apportée.

BIBLIOGRAPHIE

1. WRIGHT W. H. 1925. The nodule bacteria of soybeans : 1 Bacteriology of strains. *Soil Science*, XX, 95-120.
2. BONNIER, Ch. 1957. Symbiose *Rhizobium*-Légumineuses en région équatoriale. *Publications de l'INEAC*, série scientifique, n° 72, 67 pages.
3. SIRONVAL C., BONNIER Ch. and VERLINDEN J. P., 1957. Action of day length on nodule formation and chlorophyll content in Soybean. *Physiologia plantarum*, vol. 10, 697-707.
4. BONNIER Ch. et SEEGER J. 1958. Symbiose *Rhizobium*-Légumineuses en région équatoriale. Deuxième Communication. *Publications de l'INEAC*, série scientifique, n° 76, 66 pages.

Un problème de génétique résolu par le calcul des probabilités (*) (**)

par Pierre DAGNELIE

1. Introduction

La Station de recherches pour l'amélioration des plantes de grande culture nous a récemment posé le problème que voici (***).

L'orge cultivée, *Hordeum vulgare* L., est une plante diploïde à 14 chromosomes, qui peut donner naissance à 7 types différents, supposés également probables, de trisomiques à 15 chromosomes. Étant donné que l'on dispose de 13 plantes trisomiques, supposées indépendantes, quelle est la probabilité de trouver parmi celles-ci un seul type de trisomique, deux types différents, ..., les sept types possibles de trisomique?

Sous une forme plus générale, ce problème s'énonce comme suit. Au cours de n répétitions indépendantes d'une même expérience aléatoire pouvant donner naissance à k événements $E_1, E_2, \dots, E_k$, totalement exclusifs et de même probabilité $1/k$, quelle est la probabilité d'observer la réalisation d'un seul événement, de deux événements différents, ..., des k événements?

Dans le cas envisagé ($k=7, n=13$), et par la méthode décrite ci-dessous, nous avons obtenu les résultats suivants :

Probabilité de trouver un seul type de trisomique = 0,0000 ;
Probabilité de trouver deux trisomiques différents = 0,0000 ;
Probabilité de trouver trois trisomiques différents = 0,0006 ;
Probabilité de trouver quatre trisomiques différents = 0,0219 ;
Probabilité de trouver cinq trisomiques différents = 0,1953 ;
Probabilité de trouver six trisomiques différents = 0,4849 ;
Probabilité de trouver les sept types de trisomiques = 0,2973.

(*) Déposé à la rédaction le 3 mars 1959.

(**) Cette étude a été réalisée dans le cadre des travaux exécutés par le Centre d'études de recherche opérationnelle pour le compte du Ministère de l'Agriculture.

(***) Ce problème nous a été présenté par M. Derenne, Chef de travaux à la Station.

2. Résolution du problème

La probabilité que l'événement E_1 se réalise x_1 fois, l'événement E_2 x_2 fois, ..., l'événement E_k x_k fois ($x_1 + x_2 + \dots + x_k = n$) est donnée par la formule

$$P(x_1, x_2, \dots, x_k) = \frac{n!}{x_1! x_2! \dots x_k!} \cdot \frac{1}{k^n}, \quad (1)$$

qui n'est qu'un cas particulier de l'expression de la distribution polynomiale (*).

D'autre part, désignons par $f_0, f_1, \dots, f_i, \dots, f_n$, les nombres d'événements qui se sont réalisés respectivement zéro fois, une fois, ..., i fois, ..., n fois, et par $F_0, F_1, \dots, F_i, \dots, F_n$, les fréquences rétrocumulées correspondantes. Par définition, en utilisant un indice de sommation j , on a :

$$F_i = \sum_{j=i}^n f_j \quad (i=0, 1, \dots, n),$$

et $F_0 = \sum_{j=0}^n f_j = k$ (nombre total d'événements). (2)

De plus, le nombre total de réalisations est égal au nombre d'expériences :

$$\sum_{i=1}^n if_i = n. \quad (3)$$

Le nombre de manières différentes dont f_n des k événements peuvent se réaliser n fois, f_{n-1} autres événements $(n-1)$ fois, f_{n-2} autres événements $(n-2)$ fois, ..., est donné par le produit de combinaisons

$$\binom{k}{f_n} \binom{k-F_n}{f_{n-1}} \dots \binom{k-F_{i+1}}{f_i} \dots \binom{k-F_1}{f_0}, \quad (4)$$

car ce produit correspond au nombre de manières différentes dont on peut constituer simultanément un groupe de f_n événements à partir des k événements considérés, un groupe de f_{n-1} événements à partir des $k-f_n$ ($= k-F_n$) événements restants, un groupe de f_{n-2} événements à partir des $k-f_n-f_{n-1}$ ($= k-F_{n-1}$) événements restants, etc.

(*) La distribution polynomiale est en effet définie par l'expression

$$P(x_1, x_2, \dots, x_k) = \frac{n!}{x_1! x_2! \dots x_k!} (p_1)^{x_1} (p_2)^{x_2} \dots (p_k)^{x_k},$$

où $p_1, p_2, \dots, p_k$ sont respectivement les probabilités des événements $E_1, E_2, \dots, E_k$, ($p_1 + p_2 + \dots + p_k = 1$).

En éliminant le dernier facteur du produit, toujours égal à un car $k - F_1 = f_0$, et en posant par convention $F_{n+1} = 0$, l'expression (4) devient :

$$\prod_{i=1}^n \binom{k - F_{i+1}}{f_i} . \quad (5)$$

De (1) et (5), on déduit alors que la probabilité d'observer la non-réalisation de f_0 événements (quels qu'ils soient), une fois la réalisation de f_1 événements, ..., est :

$$P(f_0, f_1, \dots, f_i, \dots, f_n) = \frac{n! \prod_{i=1}^n \binom{k - F_{i+1}}{f_i}}{(0!)^{f_0} (1!)^{f_1} \dots (i!)^{f_i} \dots (n!)^{f_n}} \cdot \frac{1}{k^n}$$

$$= \frac{n!}{k^n} \prod_{i=1}^n \frac{\binom{k - F_{i+1}}{f_i}}{(i!)^{f_i}} . \quad (6)$$

Désignons enfin par h le nombre d'événements différents qui se sont réalisés au cours des n expériences, quels que soient ces événements et quel que soit le nombre de réalisations de chacun d'eux. Les probabilités $P(h|k, n)$, correspondant à chacune des valeurs de h sont données par la somme de tous les termes $P(f_0, f_1, \dots, f_i, \dots, f_n)$ tels que le nombre d'événements qui se sont réalisés $(f_1 + f_2 + \dots + f_i + \dots + f_n)$ soit égal à h , c'est-à-dire la somme de toutes les probabilités (6) telles que

$$\sum_{i=1}^n f_i = h ,$$

ou $k - f_0 = h ,$ (7)

ce qui peut aussi s'écrire :

$$P(h|k, n) = \sum_{f_0=k-h} \left\{ \frac{n!}{k^n} \prod_{i=1}^n \frac{\binom{k - F_{i+1}}{f_i}}{(i!)^{f_i}} \right\} \quad (h = 1, 2, \dots, m), \quad (8)$$

m étant le plus petit des deux nombres k et n .

3. Exemple.

A titre d'exemple, calculons les probabilités $P(h|k=4, n=6)$. La première partie du tableau ci-dessous indique, pour chaque valeur de h ($h=1, \dots, 4$), les différentes combinaisons possibles des fréquences f_i , telles que les condi-

tions (2), (3) et (7) soient vérifiées (*). Les deux colonnes suivantes, (a) et (b), donnent respectivement les valeurs correspondantes de

$$\frac{6!}{\prod_{i=1}^6 (i!)^{f_i}} \quad \text{et} \quad \prod_{i=1}^6 \binom{4-F_{i+1}}{f_i}.$$

Par multiplication terme à terme des éléments de ces deux colonnes, on obtient dans (c) les quantités

$4^6 P(f_0, f_1, \dots, f_i, \dots, f_6)$, définies par (6), et, par sommation dans (d), les valeurs

$$4^6 P(h|k=4, n=6).$$

		f_i						(a)	(b)	(c)	(d)
$\begin{smallmatrix} i \\ h \end{smallmatrix}$		0	1	2	3	4	5	6			
1		3						1	1	4	4
2		2	1				1		6	12	72
		2		1		1			15	12	180
		2			2				20	6	120
											372
3		1	2			1			30	12	360
		1	1	1	1				60	24	1440
		1		3					90	4	360
											2160
4			3		1				120	4	480
			2	2					180	6	1080
											1560
$4^6 =$										4096	

On vérifie immédiatement qu'aucune combinaison de f_i n'a été omise, en constatant que le total général est bien égal à 4^6 .

On obtient enfin, par division,

$$P(1|k=4, n=6) = 0,0010,$$

$$P(2|k=4, n=6) = 0,0908,$$

$$P(3|k=4, n=6) = 0,5273,$$

$$\text{et } P(4|k=4, n=6) = 0,3809.$$

(*) Pour rendre plus clair le tableau de calcul, les fréquences f_i nulles ne sont pas indiquées.

L'ensilage des fanes de pommes de terre. Étude des résultats d'un essai d'alimentation (*)

par P. DAGNELIE

1. — *Analyse statistique.*

Le plan expérimental initialement choisi est du type appelé « change-over design » dans la littérature de langue anglaise (1). Selon cette méthode, il suffit, pour comparer deux alimentations, de les appliquer alternativement pendant deux périodes consécutives à deux lots de vaches, comportant tous deux le même effectif. Dans ces conditions, l'analyse statistique consiste en une simple comparaison des deux lots, et est donc basée uniquement sur les observations effectuées pendant les deux périodes d'essais (périodes II et III).

Cependant, certaines bêtes choisies pour l'expérience d'alimentation se trouvaient en fin de période de lactation et n'ont pas donné de résultats complets : il en est ainsi des vaches n° 2-6-8-10, qui ne peuvent dès lors être prises en considération dans l'analyse statistique. Après cette élimination, le second groupe ne contient plus que deux bêtes et, du fait de l'inégalité des effectifs des lots, l'analyse classiquement adoptée pour des plans du type « change-over design » n'a pu être appliquée.

Finalement, il a fallu se contenter de comparer, pour chaque bête prise individuellement, le taux laitier observé pendant la période d'alimentation à base de fanes au taux mesuré avant et après cette période alors que la ration est essentiellement composée d'herbes ensilées. Mais, là encore, une difficulté a surgi : pour les deux vaches restantes du deuxième groupe, on observe une baisse du taux laitier pendant la période III (fanensilées) et, ensuite, un relèvement de la lactation pour l'une (n° 7), et le maintien à un taux particulièrement bas pour l'autre (n° 9).

Or, il est dangereux de se contenter d'une période de trois semaines pour juger si la lactation revient à un taux normal après le retour à l'alimenta-

(*) A la suite de l'absence de l'auteur, des fautes d'impression se sont glissées dans le Chapitre IV de la publication de MM. Rigot, Nys et Lecomte, t. XXVI, n°s 1-3, pp. 181 à 187). Nous jugeons utile de reproduire *in-extenso* le texte de ce chapitre. (N.D.L.R.).

(1) Cf. notamment : FEDERER, W. T., *Experimental designs*, Wiley 1955 (p. 439).

tion à base d'herbe, c'est-à-dire pour juger si la baisse de lactation observée pendant la période III est due à l'alimentation.

Les conclusions que l'on pourrait tirer de l'examen des résultats relatifs à ces deux bêtes étant de ce fait sujettes à caution, l'essentiel de nos conclusions proviendra donc de l'étude des résultats obtenus pour le premier groupe, la période d'alimentation à base de fanes étant dans ce cas parfaitement entourée de deux longues périodes d'alimentation à base d'herbe.

a) Calcul des droites de régression :

Pour pouvoir comparer les taux laitiers observés pendant la période d'alimentation à base de fanes à ce qu'ils auraient été si la ration à base d'herbe avait été maintenue, il est nécessaire d'ajuster une courbe de régression aux données recueillies pendant l'alimentation en ensilages d'herbe. L'examen des graphiques montre qu'une régression linéaire est satisfaisante.

Pour chacune des bêtes, la technique de calcul est alors la suivante :

soient n_h le nombre total de semaines d'alimentation à base d'herbe (période « h ») ;

n_f le nombre de semaines d'alimentation à base de fanes (période « f ») ;

x les numéros d'ordre des semaines ;

$\bar{x}_h$ le numéro d'ordre moyen de la période « h » ;

$\bar{x}_f$ le numéro d'ordre moyen de la période « f » ;

y_x les taux laitiers observés ;

$\bar{y}_h$ le taux laitier moyen de la période « h » ;

$\bar{y}_f$ le taux laitier moyen de la période « f » ;

$y'(x)$ les taux laitiers calculés à partir des droites de régression ;

b les coefficients de régression, caractérisant la vitesse de décroissance du taux laitier ($b = -0.1$ indique une baisse moyenne hebdomadaire de 0.1 litre).

Pour le premier groupe, on a

$$n_h = 14, n_f = 6, \bar{x}_h = \frac{\sum x}{n_h} = 10,93 \text{ et, pour chacune des vaches,}$$

$$\bar{y}_h = \frac{\sum y_x}{n_h}, b = \frac{\sum (x - \bar{x}_h)(y_x - \bar{y}_h)}{\sum (x - \bar{x}_h)^2}, \text{ les sommes } \sum \text{ s'étendant à toutes les semaines « h », et enfin}$$

$$y' - \bar{y}_h = b(x - \bar{x}_h), \text{ ou } y' = bx - b\bar{x}_h + \bar{y}_h.$$

Les résultats obtenus sont présentés au tableau VII et les droites de régression sont dessinées à la figure I (T. XXVI, nos 1-3, p. 185).

TABLEAU VII. — Analyse statistique des résultats.

Vaches	Calcul des droites de régression			Test-t par couples sur les moyennes			Test-t sur les valeurs individuelles		
	$\bar{y}_h$	b	y'	$\bar{y}_f$	y' (9.5)	d	$\bar{z}_f$	$\bar{z}_h$	t
1	15,29	-0,291	18,47 — 0,291 x	14,47	15,70	1,23	1,23	0,00	2,54
3	20,79	-0,488	26,12 — 0,488 x	20,95	21,49	0,54	0,54	0,00	0,94
4	10,34	-0,111	11,56 — 0,111 x	10,43	10,50	0,07	0,07	0,00	0,25
5	17,22	-0,258	20,04 — 0,258 x	17,22	17,59	0,37	0,37	0,00	0,93

b. Test-t par couples sur les moyennes :

Un premier test statistique permet de comparer les valeurs moyennes observées au cours de la période d'alimentation à base de fanes ($\bar{y}_f$), aux valeurs correspondantes, lues sur la droite de régression au milieu de cette période, c'est-à-dire pour $x = 9.5$ (Tableau VII). On constate que les différences entre les valeurs théoriques y' (9,5) et les valeurs observées du taux laitier moyen $\bar{y}_f$ sont toujours positives, ce qui semble indiquer que l'alimentation à base de fanes a régulièrement provoqué une diminution du taux laitier. Le test-t par couples permet de voir si les différences d s'écartent significativement de zéro, c'est-à-dire si la baisse du taux laitier est significative.

On a : $\bar{d} = \frac{\sum d}{n} = 0,55$ litre, avec $n = 4$,

et $t = \frac{\bar{d}}{\sqrt{\frac{\sum (d - \bar{d})^2}{n(n-1)}}} = 2,24$, les sommes s'étendant dans ce cas aux 4 valeurs observées.

Si l'on admet la normalité de la distribution des différences d et l'indépendance des 4 valeurs observées, la variable t est distribuée selon la loi de Student avec 3 degrés de liberté ($4 - 1$), et n'atteint pas le niveau de signification de 5 % ($t = 3.18$). Dans l'ensemble, les taux laitiers observés ne s'écartent donc pas significativement des taux laitiers théoriques.

Des résultats équivalents ont été obtenus

1° en appliquant le même test aux données de chacune des 6 semaines de la période d'alimentation à base de fanes (comparaisons des y_7 aux y' (7) des y_8 aux y' (8), etc.) ;

2° en comparant de la même façon les moyennes $\frac{y_{10} + y_{11} + y_{12}}{3}$

des semaines 10 à 12 aux valeurs théoriques y' (11), les différences observées étant les plus grandes pendant ces trois semaines ;

3° en appliquant également le test-t par couples aux résultats obtenus dans les 2 lots (6 bêtes).

c. Test-t sur les valeurs individuelles :

Pour donner plus de précision à l'analyse statistique, nous avons calculé également tous les écarts individuels z entre les droites de régression $y'(x)$ définies ci-dessus et les taux laitiers observés y_x , et nous nous sommes proposé de voir si ces écarts diffèrent significativement d'une période à l'autre. Dans ce but, l'égalité des moyennes de ces écarts pour les périodes I, III et IV d'une part ($\bar{z}_h$) et pour la période II d'autre part ($\bar{z}_f$) a été testée par la méthode de Student, le test-t étant appliqué individuellement à chacune des bêtes étudiées.

On a : $\bar{z}_h = \frac{\sum z}{n_h}$, $\bar{z}_f = \frac{\sum z}{n_f}$, les sommes s'étendant respectivement à

toutes les semaines « h » et à toutes les semaines « f » et enfin :

$$t = \frac{\bar{z}_f - \bar{z}_h}{\sqrt{\frac{\sum_f (z - \bar{z}_f)^2}{n_f} + \frac{\sum_h (z - \bar{z}_h)^2}{n_h}}} \sqrt{\frac{n_f \cdot n_h (n_f + n_h - 2)}{n_f + n_h}}$$

Ayant vérifié l'égalité des variances des écarts z au cours des différentes périodes, et en supposant en outre que la distribution de ces écarts est normale, nous pouvons admettre que les variables aléatoires t ainsi définies sont distribuées selon la loi de Student avec 18 degrés de liberté ($6 + 14 - 2$). On constate dans ces conditions que le niveau de signification de 5 % ($t_0 = 2,10$) est dépassé dans un cas sur quatre (n° 1).

Cette conclusion est confirmée par l'analyse de la variance à deux facteurs avec interaction, qui a également été appliquée aux écarts z (effets principaux : vache et période d'alimentation), et par l'étude globale des résultats obtenus dans les deux lots (6 bêtes).

2. Conclusions.

Dans les conditions de l'expérience entreprise, les tests statistiques utilisés ne permettent donc pas de montrer l'existence d'une différence significative globale entre l'alimentation à base de fanes et l'alimentation à base d'herbe au point de vue de la production laitière (test-t par couples). Néanmoins une telle différence apparaît chez une des quatre bêtes étudiées au point de vue statistique (test-t sur les valeurs individuelles), rien ne prouvant d'ailleurs que cette baisse significative du taux laitier soit due aux fanes.

Du point de vue pratique, l'étude statistique n'empêche nullement d'attribuer aux fanes une valeur alimentaire équivalente à celle d'un silage d'herbe.

Nouvelle technique de chromatographie circulaire

par Maurice GALANTI

La chromatographie circulaire qui convient surtout aux essais préliminaires d'analyse de mélanges de substances inconnues, ainsi qu'à l'essai de réactifs différents, peut être appliquée à la séparation de corps à faible R_f , comme les glucides, par exemple.

Dans ce but, au cours d'une recherche sur la nature des sucres contenus dans les miels, et nous basant sur le principe de CARLES (2), nous avons mis au point une technique nouvelle (à notre connaissance du moins), et très simple, de chromatographie circulaire.

APPAREILLAGE

La cuve à chromatographier est constituée par un récipient quelconque, cristalliseur, par exemple, recouvert d'une vitre.

Au centre de ce récipient, nous plaçons un flacon rempli du solvant approprié.

Si le solvant se compose de deux phases, la phase aqueuse est versée dans le fond de la cuve.

Le réservoir à solvant, constitué par une petite bouteille ou un flacon quelconque, est fermé par un bouchon percé de deux orifices.

Par un de ces orifices, passe un tube de verre garni d'ouate (voir la figure ci-après).

On s'arrange pour que l'ouate dépasse légèrement les deux extrémités et qu'elle atteigne exactement la vitre, à la partie supérieure du tube, une fois l'appareil mis en place.

Le second trou sert à éviter les surpressions quand on bouche le flacon, surtout quand on utilise des solvants très volatils, et à permettre la saturation de l'atmosphère de la cuve.

MODE OPÉRATOIRE

Nous découpons un carré du papier filtre choisi pour l'essai à réaliser, de telle sorte qu'il dépasse légèrement les bords de la cuve.

Nous dessinons en son milieu un petit cercle de 7 à 8 mm de diamètre.

Nous découpons au centre cercle, du une croix dont chaque branche ne dépasse pas 4 à 5 mm. Au moyen d'une petite baguette de verre introduite par le dessous, au centre de la croix, nous relevons les quatre becs formés par la croix découpée.

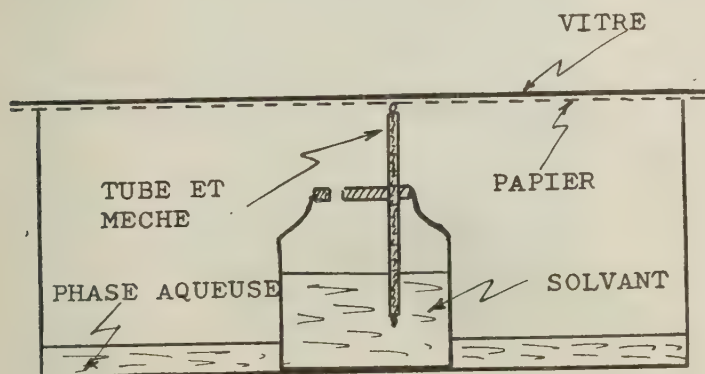


FIG. 1.

Nous déposons, sur le cercle tracé, de 20 à 80 ml de solution de sucre à 1 %. Dès que le dépôt est sec, nous plaçons la feuille sur la cuve de sorte que l'ouate de la partie supérieure du tube s'intercale entre les petits becs relevés, au centre de la feuille.

Le tout est recouvert par la vitre.

*
* *

L'originalité de la méthode préconisée concerne l'arrivée du solvant sur la feuille et sa vitesse de diffusion.

Ce problème a été très diversement résolu selon les auteurs : citons au hasard les méthodes de RUTER (14) qui découpe du bord jusqu'au centre, dans la feuille de papier, une languette que l'on courbe à angle droit pour qu'elle plonge dans le solvant, de GIRI (6) qui emploie une mèche de papier filtre insérée dans une fente de la feuille de papier, de BERLINGOZZI (1) et de IRREVERE (9) qui emploient respectivement un et deux entonnoirs de papier, de CARLES (2) qui utilise un tube capillaire, de ZIMMERMAN-NEHRING (16) qui laisse s'écouler le solvant au centre de la feuille par une tubulure ou un entonnoir, etc.

Pour toutes ces méthodes, ou bien le développement ne donne pas des cercles réguliers (cas de la languette, des entonnoirs, ...) ou bien la vitesse de développement n'est pas réglable avec suffisamment de facilité ; de plus pour la plupart de ces méthodes, le papier, sans support sur toute sa surface utile, forme une poche au centre, pouvant amener des perturbations.

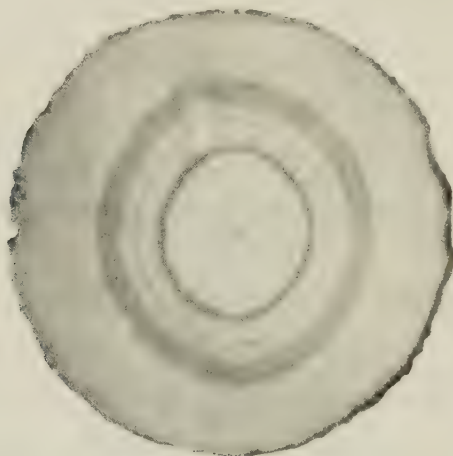


FIG. 2. — Séparation obtenue avec le solvant : butanol, eau, acide acétique glacial (4-5-1), après 24 h de développement.

Spot annulaire :	1. raffinose	brun
(à partir du centre)	2. mélézitose	rouge-brun
	3. maltose	bleu
	4. saccharose	brun clair
	5. glucose	brun vert
	6. fructose	roux.

Pour notre méthode, comme d'ailleurs pour celle de CARLES, le papier est supporté en son centre, ce qui présente un avantage dans le cas de grandes surfaces.

De plus par l'emploi de tubes de verre de calibres différents, la vitesse de développement peut être réglée de la manière la plus simple ; la mèche d'ouate achemine d'une manière régulière le solvant sur la feuille et on obtient dans tous les cas des séparations parfaites.

*
* *

Cette méthode nous a permis de déterminer rapidement le solvant, le papier et le révélateur les plus favorables à la séparation des 6 sucres suivants : raffinose, mélézitose, maltose, saccharose, glucose, fructose.

Parmi les nombreux solvants et révélateurs mentionnés dans la littérature, tels que les solvants butanol n, acide acétique, eau (5-1-2) ou (4-1-5), butanol, éthanol, eau, (4-1-5), benzène, butanol, pyridine, eau (1-5-3-3), butanol, eau, éthanol, NH₃ (4-5-1-1), propanol, acétate d'éthyle, eau (6,75-1-2, 25), acétate d'éthyle, eau, pyridine (2-2-1), etc, ..., les révélateurs « urée chlorhydrique » (5), l'acide trichloracétique (13), le résorcinol ou le naphtrésorcinol (5), le chlorhydrate dep. anisidine (8), le chlorure de triphényltétrazolium (15), le taurocholate de soude (3), l'acide 3-4 dinitrobenzoïque (16), le réactif de Sumner (10), le nitrate d'argent ammoniacal (12), la benzidine (8), le mélange permanganate et carbonate de Na (II), etc, Les meilleurs résultats ont été obtenus avec :

— comme solvant : butanol ... 4
 acide acétique glacial.. 1
 eau 5

— comme révélateur : la diphenylamine aniline dans l'acide orthophosphorique (en V/V 5-5-1)

Solutions de : diphenylamine à 2 % dans l'alcool
 aniline à 2 % dans l'alcool
 acide phosphorique, densité 1,70.

— comme papier : le papier Whatman n° 1, ou Schleicher et Schüll 2040b.

Nous avons obtenu pour un diamètre de la cuve de 28 cm, après 24 h de développement, à $\pm 20^\circ \text{C}$, les résultats suivants :

SUCRES	DISTANCES PARCOURUES A PARTIR DU CENTRE	LARGEUR DES SPOTS ANNULAIRES (EN MM)
raffinose	47	5
mélézitose	56	5
maltose	63	4
saccharose	72	3
glucose	84	4
fructose	93	5

Nous avons pu constater que, déjà après 8 h de développement, bien que les distances parcourues soient naturellement plus petites, la séparation était atteinte.

En nous basant sur les résultats obtenus par cette méthode, nous avons pu mettre au point une méthode de séparation chromatographique descendante des 6 sucres envisagés, permettant une détermination quantitative.

Le détail de cette technique et son application à l'analyse des miels feront l'objet d'un prochain article.

Gembloux, mars 1957.

BIBLIOGRAPHIE

1. BERLINGOZZI, S., SERGHI, G., ADEMBRI, G. *Sperimentale Sez. Chim. biol.* 3, 1 (1952).
2. CARLES, J. *Bull. de la Soc. de Chimie Biologique*, t. 37, n° 4, p. 251 (1955).
3. CASIMIR, J. et HUYGENS, R. *Bull. Inst. agronomique et Stations de Recherches de Gembloux*, t. 20, n° 3-4 (1952).
4. CHARGAFF, E., LEVINE, C., GREEN, C. *J. Biol. Chem.*, 175, 67 (1948).
5. DEDONDER, R. *C. R.*, 230, 997 (1950).
6. GIRI, K. V. *Naturwiss.*, 40, 343 (1953).
7. HIRST, E. L., HOUGH, L., JONES, J., KIN, J. *J. Chem. Soc.* 928 (1949).
8. HOUGH, L., JONES, J. K. N et WADMAN, W. H. *J. Chem. Soc.*, 1702 (1950).
9. IRREVERE, L., MARTIN. *Anal. Chem.*, 26 ; 257 (1954).
10. JEANES, A., WISE, C. S., DIMLER, R. J. *Anal. Chem.*, 23, 415 (1947).
11. PACSU, F., MORA, T. P., KENT, P. W. *Science*, 110, 446 (1949).
12. PARTRIDGE, S. M. *Nature*, 164, 443 (1949).
13. PARTRIDGE, S. M. *Biochem. J.*, 42, 238 (1948).
14. RUTER, L. *Nature*, 161, 435 (1948).
15. WALLENFELS, K. *Naturwiss.*, 37, 491 (1950).
16. WEYGAND, F. HOFMAN, H. *Ber.*, 83, 405 (1950).
17. ZIMMERMAN, G. NEHRING, K. *Ang. Chem.*, 61, 556, (1952).

Les Mutations induites par les Rayons X chez l'orge distique

(*Hordeum sativum* Jess. subsp. *distichum*) (*)

par A. MOËS (**)

Introduction

L'action du milieu sur le patrimoine héréditaire des êtres vivants est un problème qui préoccupe, depuis longtemps, les biologistes.

Au cours du dix-neuvième siècle, à la suite des travaux de LAMARCK et de DARWIN, on admettait généralement qu'un individu transmettait à sa descendance non seulement les caractères qu'il avait hérités de ses parents mais encore ceux qu'il avait acquis au cours de son existence sous l'influence des conditions normales du milieu et qu'ainsi les espèces se transformaient lentement en d'autres espèces.

Dès la fin du siècle dernier, cette conception fut mise en doute par divers chercheurs et notamment par WEISMANN qui la réfuta en démontrant que les caractères acquis n'étaient pas héréditaires.

Pendant que la controverse se déroulait entre les partisans et les adversaires de la continuité de l'évolution, DE VRIES poursuivait, depuis 1886, l'étude d'*Oenothera lamarckiana* et il observait, chez cette plante, l'apparition brusque de types nouveaux ; DE VRIES fut ainsi le premier biologiste qui vit apparaître des mutants au cours de recherches systématiquement établies, mais il fut surtout le premier qui se rendit compte de l'importance de ce phénomène.

En 1901, il publie son magistral ouvrage : « Die Mutationstheorie » (2)

(*) D'après une dissertation originale, présentée le 19 mai 1958 à l'Institut agronomique de Gembloux, pour l'obtention du grade de Docteur en sciences agronomiques.

(**) Associé du Fonds National de la Recherche Scientifique.

et il intègre ainsi, dans la génétique et le transformisme la notion de mutation.

Quelques phrases extraites du livre de DE VRIES montrent la précision de ses idées : « On croit que les espèces dérivent d'autres espèces par des changements très lents. Le but de ce travail est de démontrer, au contraire, que ces étapes s'accomplissent brusquement et que la forme nouvelle se distingue nettement de la forme d'origine. Les mutations se produisent sans transition et elles sont rares. Le changement brusque peut être comparé à une substitution chimique ».

Actuellement, on donne de la mutation la définition suivante : *modification héréditaire du génotype qui n'est déterminée ni par une ségrégation ni par une recombinaison*.

Au point de vue cytologique, on distingue :

- 1) Les mutations géniques : qui transforment la constitution d'un gène ;
- 2) Les mutations chromosomiques : qui changent la disposition ou le nombre des gènes sur les chromosomes ;
- 3) Les mutations génomiques : qui modifient le nombre de chromosomes.

Il est curieux de constater qu'une notion aussi importante et aussi féconde que celle de la mutation ait trouvé son origine dans l'observation d'un cas d'hérédité anormale ; des recherches ultérieures ont, en effet, démontré que l'*Oenothera* qui était le sujet des observations de DE VRIES possède une structure caryotique très particulière, caractérisée par la présence de complexes de gènes résultant de translocations réciproques. L'échange de segments entre des chromosomes appartenant à des complexes distincts modifie la structure de ceux-ci et produit ainsi un type spécial de mutation dénommé « mutation de complexe ».

Certains mutants décrits par DE VRIES sont néanmoins dus à des mutations typiques : *brevistylis* est une mutation génique ; *lala* est un trisomique ; *gigas* est un tétraploïde.

Quoi qu'il en soit, les travaux de DE VRIES ont donné l'impulsion et l'étude des mutations va dès lors se poursuivre de façon ininterrompue en se heurtant parfois à de sérieux obstacles et DE VRIES fut assurément le premier qui en rencontra.

Il étudia un certain nombre d'autres espèces (*Capsella bursa-pastoris* L., *Daucus carota* L., *Cynoglossum officinale* L., *Verbascum thapsiforme* Schr., *Aster tripolium* L., *Bidens cernua* L., *Thrinicia hirta* Roth, *Crepis biennis* L., *Centaurea nigra* L.) et chez celles-ci, il ne vit apparaître aucune mutation. Il donna à ce phénomène une explication ingénieuse en supposant que ces espèces ne se trouvaient pas, comme *Oenothera lamarckiana*, dans une période de mutabilité.

En réalité, les mutations spontanées qui se produisent dans les conditions normales de milieu sont très rares mais, sous l'action d'agents mutagéniques-physiques (chocs de température, rayons ultra-violets, rayons X, rayons

gamma, électrons, protons, neutrons, deutons, hélions) ou chimiques (sulfure de dichloréthyle, oxyde d'éthylène, éthoxycaféine, nébularine, colchicine, etc.) — on peut provoquer des *mutations induites* à une fréquence considérablement plus élevée.

C'est en 1927 que l'étude des mutations entre dans son deuxième cycle et passe de la phase passive à la phase active : l'observation des mutants spontanés est complétée par l'induction artificielle des mutations.

Certaines recherches avaient déjà été poursuivies dans ce domaine mais les résultats en étaient douteux lorsque MULLER (10) en 1927, prouva la réalité de l'action mutagénique des rayons X ; au cours de ses expériences, il induisit chez la drosophile plusieurs centaines de mutations.

Peu après, au début de 1928, STADLER (15) (16) publia les premiers résultats de ses investigations sur les mutations induites par les rayons X chez l'orge ; au cours de recherches poursuivies sur une grande échelle, il obtint 1.600 mutants chlorophylliens ainsi que divers mutants morphologiques.

STADLER (17) ne croyait pas à l'intérêt de la mutagénèse pour l'amélioration des plantes ; il estimait que les mutations spontanées produites au cours des temps avaient subi le test rigoureux de la sélection naturelle et que seuls les mutants intéressants avaient survécu. Il n'écartait pas la possibilité d'induire une faible proportion de types de valeur, mais il pensait que, le plus souvent, chez un même individu, des mutations défavorables accompagneraient la mutation favorable et que le mutant hétérozygote ainsi obtenu devrait être sélectionné comme un hybride.

L'opinion de STADLER était donc pessimiste et elle paraît avoir fortement influencé les chercheurs américains qui ne firent « aucun effort sérieux pour utiliser les radiations comme un instrument dans l'amélioration des plantes avant la venue de l'âge atomique » (SINGLETON) (14).

Cependant ces recherches avaient retenu l'attention de GUSTAFSSON qui, en Suède, en 1928, commença l'étude des mutations induites chez les plantes agricoles.

Ces travaux prirent ultérieurement une grande extension et leur réalisation groupe actuellement un nombre élevé de chercheurs qui étudient autant les problèmes fondamentaux de la mutagénèse que la valeur agronomique des mutants obtenus (5). Un grand mérite de l'école suédoise est d'avoir rejeté l'opinion pessimiste de STADLER et d'avoir admis la possibilité d'utiliser la mutagénèse comme méthode d'amélioration des plantes.

Parmi les pionniers de la mutagénèse chez l'orge, il faut encore citer FREISLEBEN et LEIN (3) (4) qui ont examiné les aspects théorique et pratique de ce problème de 1941 à 1944 et qui ont signalé, pour la première fois, l'apparition de mutants résistants aux maladies cryptogamiques.

Nos recherches sur l'orge distique ont comme point de départ les travaux de ces chercheurs et leur but final est l'obtention de mutants progressifs, c'est-à-dire de types améliorés par rapport à la lignée dont ils sont issus.

Ce problème soulève des questions très diverses qui, dans cette étude, ont été groupées en trois chapitres différents :

1) Le premier chapitre analyse les conditions qui permettent d'obtenir les taux de mutation les plus élevés et les mutants les plus intéressants.

Dans la plupart des recherches étrangères, la détection des mutants est basée sur l'observation de la deuxième génération après irradiation, l'examen de la troisième génération n'intervenant qu'à titre accessoire (12) ; nous voulons démontrer, au contraire, que l'étude de la troisième génération est essentielle pour découvrir toutes les mutations induites et pour mettre en évidence les mutants les plus intéressants et qu'il est même nécessaire de continuer la détection au cours de la quatrième génération après traitement.

D'autre part, la recherche des mutations qui déterminent une faible modification du phénotype exige un contrôle beaucoup plus sévère de la pureté du matériel original que celui qui a souvent été adopté par les autres chercheurs.

2) Le second chapitre démontre que les mutations peuvent modifier n'importe quel caractère et se manifester à n'importe quel stade du développement.

De nombreux mutants ont déjà été décrits par les chercheurs suédois et allemands (1) (5) (11) (12) (13) (18), mais notre but est de démontrer, en nous basant sur les mutations obtenues au cours de nos recherches que, pour de nombreux caractères et notamment les caractères quantitatifs, les mutants forment, pour chacun de ceux-ci, une gamme qui s'étend dans un sens positif et dans un sens négatif à partir du type original et qui comprend de nombreux paliers intermédiaires entre les deux extrêmes.

3) Le troisième chapitre prouve que les mutations peuvent intervenir dans l'amélioration de l'espèce.

L'analyse que nous avons effectuée dans les essais de rendement ne s'est pas limitée à l'étude des grosses mutations mais elle a pu être étendue à un nombre élevé de petites mutations découvertes par le système de détection des mutants que nous avons mis au point.

Les petites modifications héréditaires de certains caractères mises ainsi en évidence paraissent être les plus importantes au point de vue pratique ; elles ne constituent donc pas un effet accessoire d'une mutation morphologique à action pleiotropique, mais proviennent de mutations à effets phénotypiques réduits ; certaines ont un intérêt indiscutable car elles améliorent le comportement cultural de l'espèce et la qualité des produits obtenus.

CHAPITRE I

MÉTHODES D'INDUCTION ET DE DÉTECTION DES MUTATIONS

INTÉRÊT QUE PRÉSENTE L'ORGE POUR LES RECHERCHES DE MUTAGÉNÈSE

Dans toute recherche biologique, le matériel vivant utilisé par le chercheur est celui qui lui paraît le plus adéquat pour l'étude envisagée, mais tout organisme est un ensemble constitué de nombreux caractères morphologiques et physiologiques dont les uns sont très précieux alors que d'autres sont nettement moins utiles pour les travaux poursuivis.

L'intérêt qu'offre l'orge à deux rangs pour les études de mutagenèse résulte de diverses causes.

C'est en premier lieu un végétal phanérogame qui présente ce stade intéressant qu'est la graine ; durant cet état de vie latente, le rythme du développement est sinon arrêté, du moins extrêmement ralenti. Cette graine constitue donc un matériel à irradier possédant une grande homogénéité, facile à traiter et sur lequel il est possible de répéter aisément les essais. Pour ces diverses raisons, dans nos recherches, toutes les irradiations ont été effectuées à ce stade. En contrepartie, l'embryon du grain d'orge présente le désavantage de constituer un édifice cellulaire important et complexe comprenant déjà divers primordia ; après irradiation, les diverses cellules somatiques peuvent être très diversement affectées et porter des mutations différentes parmi lesquelles ne se perpétueront que celles qui atteindront les cellules sexuelles. L'organisme issu du grain irradié est donc une chimère.

Le pouvoir germinatif de l'orge est très bon et chaque plante produit un nombre élevé de grains.

Hordeum sativum est autogame et cleistogame. L'autofécondation ne provoque aucune dégénérescence et permet d'obtenir rapidement les mutants à l'état homozygote.

Le nombre de chromosomes est diploïde et relativement bas : $2n = 14$; de plus, l'orge produit, après irradiation, un taux élevé de mutants chlorophylliens.

La période végétative de l'orge de printemps, qui est assez longue, est d'un grand intérêt parce qu'elle permet d'étudier les plantes au cours de stades bien différents et de percevoir les mutations qui se manifestent pour de nombreux caractères morphologiques et physiologiques, mais la longueur de la période de développement présente aussi des inconvénients : 1) il faut recourir aux semis de plein champ ce qui entraîne, d'une année à l'autre, des variations très marquées dans les conditions de milieu ; 2) on ne peut obtenir qu'une seule génération par an.

CHOIX DE LA VARIÉTÉ

Afin que les mutants obtenus puissent éventuellement posséder une bonne valeur culturale, il est indispensable de travailler sur les variétés d'orges qui ont le potentiel de production le plus élevé.

Dans la région limoneuse, les rendements des diverses races atteignent, d'après les essais effectués à Gembloux de 1951 à 1956, les niveaux suivants :

TABLEAU 1

Variété	kg/ha	%
Kenia	3.616 $\pm$ 65	88,30 $\pm$ 1,58
Herta	4.091 $\pm$ 65	100,00 $\pm$ 1,58
Piroline	4.275 $\pm$ 65	104,19 $\pm$ 1,58

La variété Kenia qui avait été adoptée au début des recherches a ensuite été abandonnée en faveur de Herta et de Piroline qui ont une productivité nettement meilleure.

Ces trois variétés sont des orges de printemps à deux rangs du type *Hordeum sativum* Jess. *subsp. distichum* var. *nulans*.

Kenia est une lignée sélectionnée par la Station d'Amélioration des Plantes d'Abed, Laaland, Danemark à partir d'un croisement effectué, en 1911, entre l'orge Binder et l'Orge d'or ; elle a été cultivée à partir de 1931.

Herta est issue du croisement Kenia $\times$ Isaria effectué en 1932 à la Station d'Amélioration des Plantes de WEIBULL à Landskrona, Suède ; elle a été mise en culture en 1949. Sa paille est courte et plus rigide que celle de toutes les autres variétés. Elle est assez sensible à l'oidium (*Erysibe graminis*) et moyennement sensible à la rouille naine (*Puccinia simplex*) ; son grain est de grosseur moyenne.

Piroline résulte du croisement Weihenstephaner MR1 $\times$ Morgenrot réalisé en 1940 à la Station HEINE à Schnega, Allemagne ; elle a été introduite dans les essais de Gembloux en 1952. Cette variété a une paille moins rigide que celle de Herta ; elle résiste aux biotypes précoces d'oidium, elle est un peu plus sensible que Herta à la rouille naine et très sensible à l'helminthosporiose (*Helminthosporium gramineum*) ; son grain est plus gros que celui de Herta.

Le matériel végétal soumis aux expériences doit appartenir à une lignée pure afin que la nature mutante des types nouveaux qui apparaissent soit indiscutable ; une grosse mutation a toujours un caractère évident, mais il n'en va pas de même pour de légères modifications des caractères physiologiques.

La lignée d'orge qui est utilisée dans les recherches est, d'une façon constante, l'objet d'une sélection généalogique de contrôle et de conservation ;

chaque irradiation porte sur un lot de 50 grains provenant d'une seule plante récoltée dans la parcelle de sélection généalogique au terme du cycle végétatif précédent ; le reliquat des grains de la plante est conservé pour un contrôle éventuel. Cette technique est celle qui donne la sécurité la plus élevée en ce qui concerne la pureté du matériel végétal employé dans les essais.

Afin que les grains irradiés présentent une grosseur homogène, ils sont calibrés au tamis Steinecker de 2,5 mm.

Les diverses générations après irradiation sont désignées par

X1 : cycle végétatif dont la graine a été irradiée ;

X2 : deuxième génération après irradiation ;

X3 : troisième génération après irradiation ; etc...

Les traitements sont indexés de la façon suivante :

Année du traitement : 1951 1952 1953 1954 1955 1956 1957

Index : RX... Xa... Xb... Xc... Xd... Xe... Xf...

Ces index sont suivis du numéro du traitement appliqué et d'une lettre qui est la première lettre de la variété irradiée : K pour Kenia, H pour Herta, P pour Pirolina.

TECHNIQUE D'IRRADIATION

Les irradiations sont effectuées au moyen d'un appareil à rayons X fonctionnant sous une tension de 30 KV avec une intensité de 20 mA ; le tube débite 15.000 röntgens par minute sur une surface de 60 mm de diamètre à 100 mm du foyer ; l'écart d'intensité d'irradiation entre les divers points du champ ne dépasse pas 10 % ; la fenêtre du tube est en beryllium.

D'autres chercheurs ont utilisé des appareils fonctionnant sous des voltages plus élevés 150 à 200 KV et émettant des rayons de longueurs d'onde nettement plus courtes. L'inconvénient de telles installations est la faible intensité de l'irradiation ; elle ne s'élève qu'à 100-200 röntgens par minute dans les appareils courants de radiothérapie et leur utilisation exige, de ce fait, de longues durées d'exposition.

L'emploi d'un générateur travaillant sous 30 KV n'a été décidé qu'après comparaison de ses effets avec ceux produits par un appareil émettant sous 200 KV (tableau 2 ; graphique 1).

Cette expérience eut lieu en 1951 ; des grains (50 pour chaque traitement) de Kenia prégermés durant 24 heures à 20°C sur sable imbibé d'eau, ont été soumis à des doses allant de 625 à 7.500 röntgens émis sous tension de 30 KV et de 200 KV.

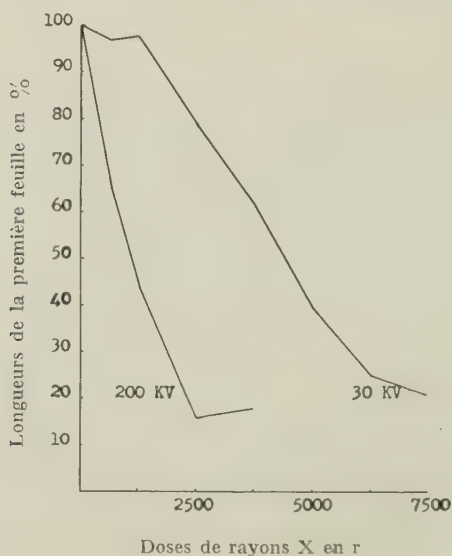
Lorsque les premières feuilles du lot témoin atteignaient une longueur d'environ 80 mm, celles des divers traitements avaient les dimensions suivantes :

TABLEAU 2

Dose en r	Longueur de la première feuille			
	30 KV		200 KV	
	mm	%	mm	%
0	83,63 $\pm$ 1,81	100,00 $\pm$ 2,16	83,63 $\pm$ 1,81	100,00 $\pm$ 2,16
625	80,89 $\pm$ 2,00	96,72 $\pm$ 2,39	54,75 $\pm$ 2,65	65,46 $\pm$ 3,16
1.250	81,46 $\pm$ 1,74	97,40 $\pm$ 2,08	37,39 $\pm$ 2,91	44,70 $\pm$ 3,47
2.500	65,75 $\pm$ 2,44	78,62 $\pm$ 2,91	13,36 $\pm$ 0,38	15,97 $\pm$ 0,45
3.750	51,36 $\pm$ 1,93	61,41 $\pm$ 2,30	14,72 $\pm$ 0,36	17,60 $\pm$ 0,43
5.000	32,95 $\pm$ 2,16	39,39 $\pm$ 2,78	—	—
6.250	20,88 $\pm$ 1,06	24,96 $\pm$ 1,26	—	—
7.500	17,40 $\pm$ 1,30	20,81 $\pm$ 1,55	—	—

GRAPHIQUE 1

Influence du voltage sur la pénétration des rayons X



Ce test de croissance effectué dans des conditions standard (20°C ; éclairage par 4 tubes Phytor) (9) permet de caractériser l'effet toxique du rayonnement qui résulte des bris de chromosomes, des bris de chromatides, de la réunion ou de la disparition des fragments produits ainsi que de l'action des photons sur les autres constituants cellulaires.

Les chiffres obtenus permettent de déterminer la diminution moyenne de croissance — en % du témoin — produite par 1.000 röntgens ; le calcul

de ce pourcentage s'effectue en tenant compte des mensurations comprises dans les limites suivantes :

- 1) Dose minimum exerçant une dépression significative de la croissance ;
- 2) Dose léthale provoquant une diminution de croissance de 80 %.

Sous 30 KV, la diminution de croissance est de 10,98 % par 1.000 r (pour les doses allant de 2.500 r à 7.500 r) ; sous 200 KV, la diminution de croissance est de 39,74 % par 1.000 r (pour les doses allant de 625 r à 2.500 r).

Par röntgen émis, les radiations sont donc 3,62 fois plus toxiques sous 200 KV que sous 30 KV, en raison de leur plus grande capacité de pénétration dans les tissus vivants.

A cause du faible pouvoir pénétrant des rayons X émis sous 30 KV, il importe de toujours disposer les grains à traiter de la même façon ; ils sont ordinairement rangés dans une boîte de Pétri avec l'embryon tourné vers la source ; ces boîtes ont 60 mm de diamètre et les grains y sont placés sur une couche de sable de 2 mm.

Le test de croissance nous démontre que lorsque l'embryon est tourné vers le sable, l'albumen absorbe une importante fraction des photons ; la glumelle seule joue déjà un important rôle d'écran ainsi qu'il ressort des essais effectués sur Kenia en 1952 (tableaux 3 et 4 ; graphiques 2 et 3).

— TABLEAU 3

Grain prégermé 24 h. avant traitement
Longueur de la première feuille en % du témoin

Dose en r	Grain traité côté embryon		Grain traité côte sillon Xa322-338 K
	Lemma enlevée Xa45-55 K	Lemma présente Xa78-88 K	
0	100,00 ± 2,09	100,00 ± 3,68	100,00 ± 1,93
1.000	72,51 ± 2,10	—	91,13 ± 1,77
2.000	56,18 ± 1,49	78,16 ± 2,33	87,69 ± 1,46
3.000	35,01 ± 1,26	60,24 ± 3,06	77,08 ± 1,46
4.000	23,20 ± 1,04	45,53 ± 2,97	71,76 ± 1,47
5.000	18,56 ± 0,66	35,44 ± 2,57	62,47 ± 1,52
6.000	14,23 ± 0,30	31,01 ± 2,01	63,07 ± 1,35
7.000	12,72 ± 0,26	20,51 ± 0,93	56,88 ± 1,31
8.000	12,21 ± 0,22	16,80 ± 0,97	51,05 ± 1,37
9.000	12,65 ± 0,30	15,77 ± 1,20	41,89 ± 1,48
10.000	11,78 ± 0,18	15,49 ± 0,66	40,34 ± 1,32
15.000	—	—	35,75 ± 1,42
20.000	—	—	22,44 ± 1,01
25.000	—	—	20,53 ± 0,77
30.000	—	—	18,96 ± 0,81
35.000	—	—	16,45 ± 0,35
40.000	—	—	16,35 ± 0,16

GRAPHIQUE 2

Influence de la glumelle et de l'albumen sur la pénétration des rayons X
(grain prégermé)

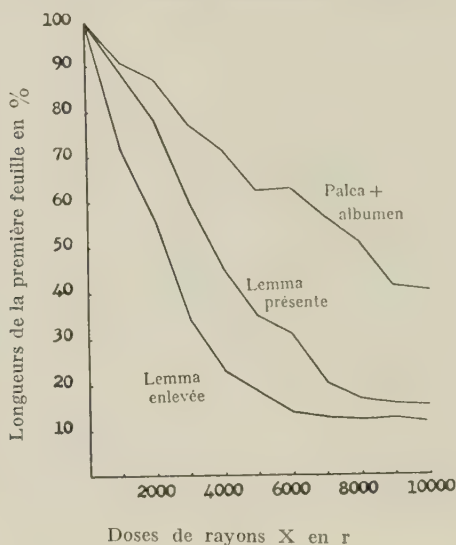


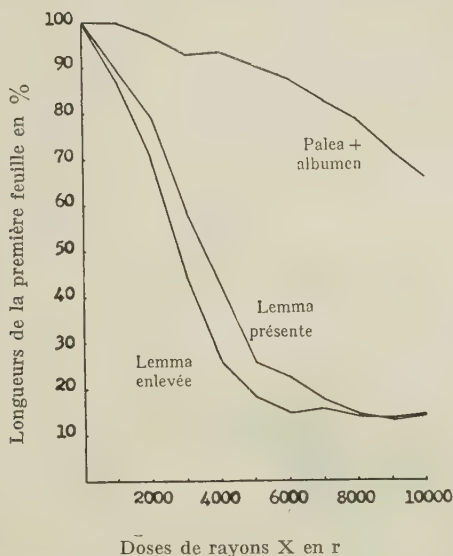
TABLEAU 4

Grain traité sec
Longueur de la première feuille en % du témoin

Dose en r	Grain traité côté embryon		Grain traité côté sillon
	Lemma enlevée Xa56-66 K	Lemma présente Xa67-77 K	Xa306-321 K
0	100,00 ± 2,82	100,00 ± 1,47	100,00 ± 1,32
10.000	87,08 ± 2,31	89,59 ± 1,82	99,70 ± 1,96
20.000	70,38 ± 2,81	78,54 ± 1,80	96,98 ± 2,21
30.000	44,64 ± 2,11	58,54 ± 2,10	92,79 ± 2,71
40.000	25,84 ± 1,33	41,67 ± 1,91	93,03 ± 2,00
50.000	18,42 ± 0,65	25,60 ± 0,95	90,27 ± 1,26
60.000	14,83 ± 0,86	22,70 ± 1,43	87,20 ± 4,83
70.000	15,76 ± 0,38	17,59 ± 0,90	82,52 ± 1,64
80.000	13,72 ± 0,35	14,15 ± 0,54	78,28 ± 1,38
90.000	13,50 ± 0,16	13,19 ± 0,49	71,53 ± 1,32
100.000	13,91 ± 0,32	13,78 ± 0,40	65,47 ± 1,47
110.000	—	—	68,85 ± 2,03
120.000	—	—	55,88 ± 1,61
130.000	—	—	50,29 ± 2,11
140.000	—	—	43,63 ± 1,60
150.000	—	—	39,25 ± 1,85

GRAPHIQUE 3

Influence de la glumelle et de l'albumen sur la pénétration des rayons X
(grain sec)



Les pourcentages de diminution de croissance par 1.000 r sont les suivants :

TABLEAU 5

	Grain traité côté embryon		Grain traité côté sillon
	Lemma enlevée	Lemma présente	
grain prégermé	19,62 %	12,18 %	4,99 %
grain sec	1,62 %	1,30 %	0,33 %

La glumelle inférieure absorbe donc $\frac{19,62 - 12,18}{19,62} \times 100 = 37,92 \%$

des photons chez le grain prégermé et 19,76 % chez le grain sec. Le complexe : glumelle supérieure + albumen retient 74,57 % des rayons X chez les grains prégermés et 79,63 % chez le grain sec.

Si l'on ne disposait pas les grains de façon régulière, les doses reçues par les embryons au cours d'un même traitement pourraient varier dans de larges proportions. Cette expérience montre aussi que les grains prégermés sont 9 à 15 fois plus sensibles aux rayons X que les grains secs.

Étude de la première génération après irradiation (X1)

Bien que le taux de croisements naturels soit faible chez l'orge de printemps, il importe d'isoler soigneusement la première génération après irradiation en la semant dans un champ éloigné de toute autre culture d'orge. Si on étudie simultanément plusieurs lignées d'orges, il convient aussi de les séparer par une distance suffisante.

La X1 est semée en lignes longues de 1,50 m, distantes de 20 cm et à raison de 25 grains par ligne.

RALENTISSEMENT DE LA CROISSANCE

Le premier phénomène qui se marque après irradiation est le ralentissement de la croissance (voir tableaux 2, 3, 4 et graphiques 1, 2, 3).

L'analyse cytologique permet de mettre en évidence la succession des phénomènes qui se passent dans les noyaux irradiés, mais le champ d'investigation cytologique n'a pas été abordé dans le présent travail parce qu'il nécessite des recherches très étendues pour donner des résultats valables et surtout parce qu'il a été jugé préférable d'étudier en premier lieu les aspects morphologiques et physiologiques du problème de la mutagenèse.

La diminution de croissance des plantules est d'autant plus marquée que la dose de rayons X est élevée mais, si intense que soit l'irradiation, la graine présente toujours un début de germination ; aucun embryon n'est tué immédiatement par les photons X contrairement à ce qui se constate dans les traitements par chocs thermiques.

CHUTE DU TAUX DE SURVIE

Quand on poursuit les observations sur les plantules issues de grains irradiés, le deuxième phénomène qui apparaît est la chute du taux de survie. Il existe entre le test de croissance et le pourcentage de plantes survivantes une certaine liaison, mais celle-ci est relativement lâche car elle peut varier en fonction des conditions de milieu. Dans un milieu optimal (température de 10°C à 20°C, hydratation suffisante du sol), le traitement subléthal est celui qui, dans le test de croissance, réduit la longueur de la première feuille à 25 %.

Une expérience conduite sur Kenia, prégermée durant 24 heures avant irradiation, montre les allures respectives du test de croissance et du taux de plantes survivantes en 1951 :

TABLEAU 6

Dose en r	Test de croissance		Nombre de grains traités	Plantes survivantes	
	mm	%		chiffre absolu	%
0	83,63 ± 1,81	100,00 ± 2,16	200	143	71,50
625	80,89 ± 2,00	96,72 ± 2,39	250	192	76,80
1.250	81,46 ± 1,74	97,40 ± 2,08	250	168	67,20
2.500	65,75 ± 2,44	78,62 ± 2,91	600	169	28,16
3.750	51,36 ± 1,93	61,64 ± 2,30	1.050	215	20,47
5.000	32,95 ± 2,16	39,39 ± 2,78	1.250	233	17,84
6.250	20,88 ± 1,06	24,96 ± 1,26	—	—	—
7.500	17,40 ± 1,30	20,81 ± 1,55	1.150	45	3,91

Un essai effectué en 1957, sur Piroline irradiée à l'état sec, révèle combien le taux de plantes survivantes peut être influencé par les facteurs du milieu. Des grains de cette variété furent irradiés et semés immédiatement après traitement à quatre dates espacées de 15 jours. Les pourcentages de plantes ayant atteint la maturité sont les suivants :

TABLEAU 7

Dose en r	Nombre de grains irradiés	Dates de semis			
		3 Avril	18 Avril	3 Mai	18 Mai
0	200	84,5 %	80,0 %	83,0 %	83,0 %
15.000	300	79,6 %	80,3 %	78,6 %	91,6 %
20.000	400	56,2 %	56,2 %	69,7 %	82,7 %
25.000	700	17,5 %	23,0 %	35,8 %	69,7 %

L'accroissement est extrêmement net pour les doses de 20.000 et 25.000 r lorsque le semis est plus tardif ; il doit être attribué aux conditions climatiques. Au cours des mois d'Avril et Mai 1957, on a relevé les températures ci-après (*) :

Période	Minimum sur gazon	Minimum	Maximum	Moyenne
3 Avril - 17 Avril	2,4	0,9	11,1	6,0
18 Avril - 2 Mai	1,6	4,3	15,0	9,6
3 Mai - 17 Mai	2,9	5,4	13,9	9,6
18 Mai - 1 Juin	2,7	5,2	15,8	10,5

(*) Chiffres communiqués par la Station de Chimie et de Physique agricoles de Gembloux.

Le réchauffement de l'ambiance a certainement accru les taux de plantes survivantes mais le facteur eau a également joué un rôle dans ce phénomène :

3 Avril - 17 Avril : pluies très faibles à partir du 11 Avril ; au total 3,9 mm.

18 Avril - 2 Mai : pluie très forte le 25 Avril : 23,8 mm.

3 Mai - 17 Mai : pluies à partir du 5 Mai ; 29,3 mm pour cette période.

18 Mai - 1 Juin : 7,8 mm de pluie du 18 au 23 Mai.

Les deux derniers semis ont bénéficié de précipitations atmosphériques abondantes qui ont eu vraisemblablement une répercussion favorable sur la levée des plantules issues de grains irradiés ; celles-ci sont des organismes déséquilibrés non seulement génétiquement mais aussi physiologiquement et les facteurs de milieu ont sur elles une influence plus grande que sur des sujet normaux.

Ces résultats indiquent que pour des semis effectués au champ, il n'est pas possible de prévoir exactement le taux de survie et qu'il est indispensable de procéder à des irradiations échelonnées.

ÉPIAISON ET MATURITÉ EN X1.

L'irradiation affecte tout le développement des plantes X1 et retarde notamment l'épiaison et la maturité ; celles-ci ont été observées aux dates suivantes, en 1957 :

TABLEAU 8

Dose en r	Dates de semis							
	3 Avril		18 Avril		3 Mai		18 Mai	
	ép.	mat.	ép.	mat.	ép.	mat.	ép.	mat.
0	16/6	1/8	19/6	3/8	28/6	8/8	8/7	21/8
15.000	18/6	2/8	22/6	4/8	1/7	14/8	10/7	24/8
20.000	21/6	4/8	25/6	8/8	3/7	20/8	12/7	28/8
25.000	22/6	6/8	28/6	16/8	5/7	28/8	15/7	2/9

Les retards moyens s'allongent avec la dose et sont plus accentués à la maturité qu'à l'épiaison :

Dose en r	épiaison	maturité
15.000	+ 2,50 jours	+ 2,75 jours
20.000	+ 5,00 jours	+ 6,75 jours
25.000	+ 7,50 jours	+ 12,50 jours

TALLAGE, CAPACITÉ DES ÉPIS ET FERTILITÉ DE LA X1.

Des plantes issues de grains de Piroline irradiés à l'état sec et semés le 26 Avril 1956 ont été soumises à un examen détaillé en ce qui concerne le tallage, le nombre de paliers d'insertion que comporte l'épi et sa fertilité :

TABLEAU 9

Dose en r	Nombre de grains irradiés	Taux de plantes mûres	Nombre d'épis par plante	Nombre de paliers par épi	Nombre de grains formés p. épi	Fertilité en %
0	200	82,0 %	$7,85 \pm 0,39$	$21,87 \pm 0,33$	$15,62 \pm 0,37$	$71,42 \pm 0,68$
5.000	200	78,0 %	$7,41 \pm 0,29$	$23,45 \pm 0,27$	$16,75 \pm 0,35$	$71,41 \pm 0,65$
10.000	300	78,3 %	$7,50 \pm 0,32$	$22,11 \pm 0,33$	$15,24 \pm 0,40$	$68,95 \pm 0,69$
15.000	500	81,2 %	$6,69 \pm 0,23$	$22,98 \pm 0,22$	$13,51 \pm 0,44$	$58,79 \pm 0,72$
20.000	600	69,8 %	$5,56 \pm 0,17$	$22,74 \pm 0,31$	$11,47 \pm 0,46$	$50,46 \pm 0,74$
25.000	700	37,3 %	$3,89 \pm 0,18$	$20,47 \pm 0,31$	$6,61 \pm 0,10$	$32,31 \pm 0,73$

Dans cet essai, le tallage diminue lorsque l'irradiation croît, mais ce phénomène n'est pas général ainsi que le prouve le comportement de la même variété Pirolina en 1954 :

TABLEAU 10

Dose en r	Nombre de grains irradiés	Taux de plantes mûres	Nombre d'épis par plante
-----------	---------------------------	-----------------------	--------------------------

Grains irradiés après 24 heures de germination

0	200	86,5 %	$8,16 \pm 0,44$
1.000	200	85,5 %	$8,77 \pm 0,49$
2.000	300	17,0 %	$11,47 \pm 1,20$
3.000	400	6,7 %	$12,59 \pm 1,50$

Grains irradiés à l'état sec

0	200	84,5 %	$8,46 \pm 0,51$
10.000	200	80,5 %	$8,09 \pm 0,44$
20.000	300	52,6 %	$7,27 \pm 0,37$
30.000	400	12,5 %	$8,22 \pm 0,79$

Des données obtenues en 1952 montrent que cette réaction est en partie variétale car les orges de printemps *Deficiens inerme* (mutique à deux rangs) et *Awnless* (mutique à six rangs) ont été irradiées simultanément après 24 heures de germination et semées côte à côte :

TABLEAU 11

Dose en r	Nombre de grains irradiés	Taux de plantes mûres	Nombre d'épis par plante
<i>Deficiens inerme</i>			
0	25	80,0 %	3,64 ± 0,58
1.000	100	79,0 %	3,15 ± 0,22
2.000	125	59,2 %	4,02 ± 0,34
3.000	250	41,4 %	6,76 ± 0,46
4.000	250	24,4 %	11,21 ± 0,71
5.000	250	8,8 %	10,95 ± 1,17
<i>Awnless</i>			
0	25	76,0 %	8,15 ± 1,38
1.000	100	52,0 %	7,63 ± 0,60
2.000	125	59,2 %	8,40 ± 0,48
3.000	250	44,8 %	7,84 ± 0,38
4.000	250	22,0 %	8,03 ± 0,57
5.000	250	18,4 %	7,82 ± 0,97

Le nombre d'épis demeure constant chez *Awnless* et augmente fortement chez *Deficiens inerme*.

On peut déduire de ces observations que les plantes qui survivent aux doses les plus fortes, peuvent, selon la variété et les conditions de milieu, taller très différemment.

L'irradiation n'effectue pas le nombre de paliers d'insertion des épillets ; tous les essais répétés au cours des diverses années confirment que ce phénomène est général.

Par contre, les rayons X exercent sur la fertilité une action manifeste d'autant plus marquée que l'irradiation est plus forte.

Il a paru intéressant de comparer cette stérilité à l'effet immédiat du rayonnement mesuré par le test de croissance. Cette recherche a été effectuée en 1952 sur des grains de la variété d'orge d'hiver : Lignée 456 de Gembloux (= Bordia) sur laquelle la variation de la radiosensibilité au cours de la germination fut étudiée.

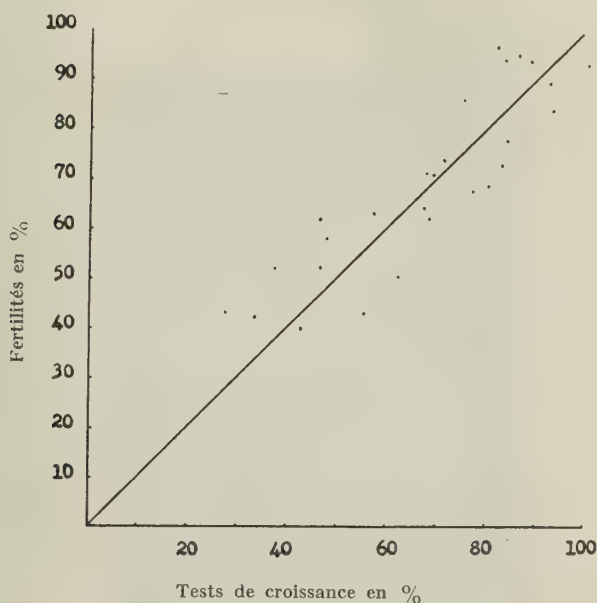
Le test de croissance (A) et le taux de fertilité (B) sont exprimés en % du témoin correspondant :

TABLEAU 12

Dose en r	Durée du prétrempage							
	6 heures		12 heures		18 heures		24 heures	
	A	B	A	B	A	B	A	B
0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1.000	88,86	94,28	100,49	93,63	92,33	89,96	83,48	73,14
2.000	86,33	95,32	94,69	84,34	77,49	68,04	57,22	63,25
3.000	83,75	94,83	84,18	78,07	69,26	71,22	42,95	40,11
4.000	82,24	97,30	80,59	69,07	62,21	50,84	33,50	42,67
5.000	75,40	86,41	67,43	64,73	—	—	27,65	43,26
6.000	68,57	62,18	55,39	43,14	—	—	—	—
7.000	71,33	74,18	47,92	58,29	—	—	—	—
8.000	67,98	71,80	46,41	52,85	—	—	—	—
10.000	46,40	62,32	37,52	52,83	—	—	—	—

Les données de ce tableau ont permis de constituer le graphique 4.

GRAPHIQUE 4



Le coefficient de corrélation entre les deux séries de mesures atteint $0,878 \pm 0,088$; il prouve qu'il y a une liaison étroite entre le test de croissance et le taux de fertilité chez les plantes issues de grains irradiés. Il reste cependant à vérifier si certaines conditions de milieu ne peuvent modifier le rapport existant entre les deux phénomènes.

MUTATIONS EN X1.

L'extériorisation de mutations est extrêmement rare, chez l'orge, au cours de la première génération après irradiation. En 1957, quatre cas de mutations chlorophylliennes affectant seulement certaines talles ont été observés sur un total de 7.866 plantes X1.

Le premier mutant est caractérisé par une feuille à strie médiane ou marginale blanche qui est présente dans 2 talles sur un total de 13 ; le second mutant a développé 4 talles à feuilles à larges bords blancs sur un total de 19 ; le troisième mutant présente des feuilles à stries jaunes dans 2 pousses sur 27 ; le quatrième mutant a la moitié des feuilles jaunes dans 2 talles sur 8.

Dans ces différents cas, il est clair qu'un seul secteur de la plante est porteur de la mutation et probablement toutes les cellules de ce secteur ne sont-elles pas atteintes, ce qui expliquerait le mélange de zones normales et zones mutantes.

Un mutant strié est également apparu dans une parcelle témoin, mais ici l'ensemble des talles était modifié par la mutation.

SOMATIONS EN X1.

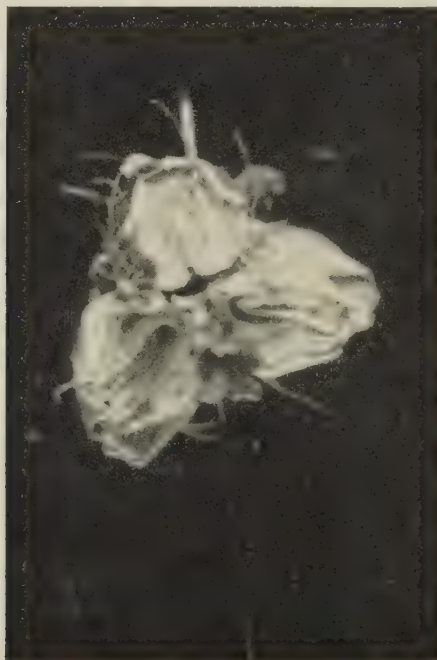


Photo 1. — Somation en X1 : épi à trois rangs.

Des malformations dues vraisemblablement à des divisions anormales de bourgeons terminaux se manifestent assez souvent sous la forme d'épis ramifiés ; ce caractère n'est jamais héréditaire.

En 1956, un cas plus curieux de somation est apparu, consistant en un épi à trois rangs s'inscrivant exactement dans un triangle (photo 1). L'épi était petit et sa descendance s'est révélée absolument normale en X2.

Étude de la deuxième génération après irradiation (X2).

La deuxième génération est constituée par les descendance des plantes X1 ; en pratique, on sème la descendance d'un épi X1 sur une ligne de 1,50 m avec 20 cm d'écartement entre les lignes ; on sème côte à côte tous les épis de chaque plante X1.

TAUX DE MUTATION

Au cours de la deuxième génération après irradiation, on voit apparaître les divers mutants : chlorophylliens, stériles, morphologiques et physiologiques ; les déficients chlorophylliens sont très fréquents au stade plantule et sont utilisés comme test de l'activité mutagénique des agents inducteurs mis en œuvre.

Le taux de mutation en X2 peut être calculé de trois façons différentes :

- 1) Taux de plantules X2 homozygotes pour des mutations chlorophylliennes ;
- 2) Taux d'épis X1 présentant des mutations chlorophylliennes dans leurs descendance X2 ;
- 3) Taux de plantes X1 présentant des mutations chlorophylliennes dans leurs descendance X2.

La première méthode donne le taux absolu de mutants homozygotes en X2 ; elle est la plus précise quand le problème étudié est centré sur la fréquence des mutations obtenues ; la seconde méthode a été mise en vigueur par les chercheurs suédois et allemands qui admettent qu'au moment de l'irradiation chaque épi est représenté par un primordium unicellulaire ; la troisième méthode indique le taux de grains irradiés dans la descendance desquels une mutation est détectée.

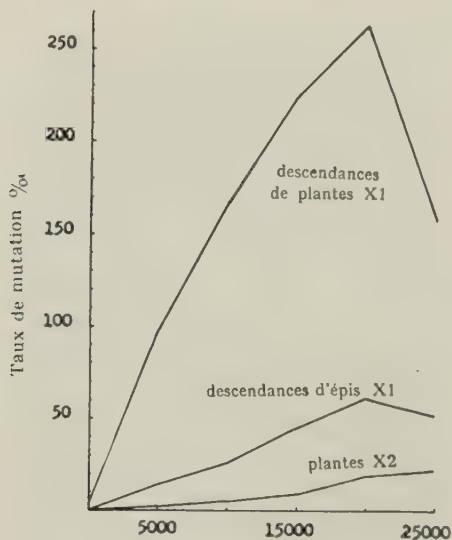
Les descendance X2 des grains de Piroline traités en 1956, dont le comportement en X1 est relaté au tableau 9, ont été, en totalité, semées en serre afin de comparer les taux de mutation établis en suivant les trois méthodes précitées (tableau 13 et graphique 5) :

TABLEAU 13

Dose en r :	0	5.000	10.000	15.000	20.000	25.000
Plantules X2						
observées :	32.853	16.893	21.342	30.314	20.475	4.862
mutantes :	1	26	102	258	362	105
Taux de mutation ‰ :	0,0304	1,53	4,77	8,51	17,68	21,59
Descendances d'épis X1						
observées :	2.196	1.157	1.764	2.718	2.331	1.017
mutantes :	1	15	44	119	142	52
Taux de mutation ‰ :	0,45	12,96	24,94	43,78	60,91	51,13
Descendances de plantes X1:						
observées :	272	156	235	406	419	261
mutantes :	1	15	39	91	110	41
Taux de mutation ‰ :	3,67	96,15	165,99	224,13	262,52	157,08

GRAPHIQUE 5

Taux de mutation



Doses de rayons X en r

Suivant la méthode de calcul adoptée, les taux de mutation obtenus sont très différents : ils sont les plus faibles dans le premier cas, intermédiaires dans le second et les plus élevés dans le troisième cas. Selon l'objet de la recherche, on utilisera l'un ou l'autre de ces taux de mutation bien que, pour une analyse approfondie, il soit utile de les établir tous trois simultanément.

COMPARAISON DES TAUX DE MUTATION APRÈS IRRADIATION SOUS 30 KV ET 200 KV

Le test de croissance démontre que des doses identiques de radiations sont 3,62 fois plus toxiques quand elles sont émises sous 200 KV que lorsqu'elles sont produites sous 30 KV (page 343).

La comparaison de l'action des deux longueurs d'onde a été poursuivie jusqu'aux taux de mutation (grains irradiés en 1954) :

TABLEAU 14

30 KV				200 KV			
Dose en r	Nombre de grains irradiés	Nombre de plantes mûres	Taux de plantes mutantes	Dose en r	Nombre de grains irradiés	Nombre de plantes mûres	Taux de plantes mutantes
0	200	173	0,57 %	0	200	110	0,00 %
1.000	200	171	9,94 %	200	400	194	6,70 %
2.000	300	51	17,64 %	400	400	206	8,73 %
3.000	400	27	18,51 %	600	850	143	9,09 %
				800	850	59	13,55 %
				1.000	850	17	17,64 %

Le taux moyen de plantes X1 présentant des mutants chlorophylliens en X2 est de 7,68 % par 1.000 r sous 30 KV et de 18,57 % par 1.000 r sous 200 KV pour des grains qui ont été irradiés après 24 heures de germination ; pour une même dose de rayons X exprimée en röntgens, l'action mutagénique des rayons X émis sous 200 KV est donc 2,41 fois plus élevée mais, pour des doses de rayons X équitoxiques, le taux de mutation sous 200 KV n'atteint que 66 % (2,41 : 3,62) du taux induit par les photons émis sous 30 KV.

Ce chiffre indique que les rayons X de grande longueur d'onde ont un pouvoir mutagénique au moins aussi élevé que celui des ondes électromagnétiques plus courtes et qu'ils peuvent parfaitement convenir dans les études de mutagénèse.

DOSES DE RAYONS X UTILISÉES

FREISLEBEN et LEIN (3), basant leurs calculs sur les taux de descendance d'épis X1 ou de plantes X1 qui présentent en X2 des mutants chlorophylliens, ont émis l'opinion que les taux de mutation diminuent vraisemblablement aux doses subléthales. Ce fait se constate également dans l'expérience figurant au tableau 13 si l'on utilise les mêmes critères que ces chercheurs et il est provoqué par la réduction du nombre d'épis par plante et du nombre de grains par épi, mais le taux de plantes X2 mutantes, par contre, marque un accroissement pour tout supplément de radiations appliqué.

Ceci prouve que les doses de rayons X les plus élevées induisent les taux les plus élevés de mutants en X2. Elles sont donc les plus intéressantes à appliquer quand on a comme but l'obtention du plus grand nombre de mutants. Pratiquement, on devra néanmoins irradier divers lots de grains à plusieurs doses échelonnées si on travaille en plein champ puisque, dans ces conditions, la dose léthale est impossible à déterminer *a priori* (tableau 7, page 347).

Étude de la troisième génération après irradiation (X3)

TAUX DE MUTATION

La troisième génération après irradiation est essentielle pour le criblage des mutations ; pour la constituer, on prélève, sur chaque plante X2, un épi dont la descendance est semée sur une ligne de 1,50 m de longueur.

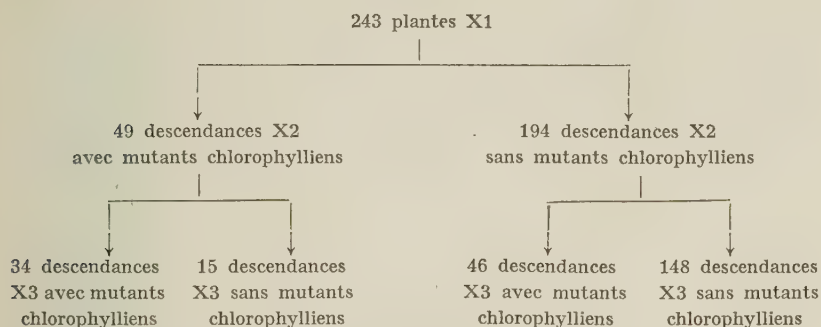
La troisième génération après traitement doit revêtir une certaine ampleur : 10.000 descendance d'épis constituent à ce stade un matériel végétal qui permet de travailler avec fruit.

Cette méthode a été adoptée parce que la détection des mutations limitée à la deuxième génération ne permet pas de déceler toutes les modifications héréditaires induites et cela pour deux raisons différentes :

1) Au cours de la deuxième génération, l'examen porte sur des *plantes individuelles* qui sont soumises à une variabilité fluctuante assez marquée ; on ne peut y détecter avec certitude que les phénotypes qui présentent, par rapport à la lignée d'origine, un écart assez prononcé ; les observations en X3, par contre, portent sur des *descendances comprenant environ 25 plantes* ; elles sont beaucoup plus précises et permettent de mettre en évidence des mutants qui ne diffèrent de la lignée d'origine que par des caractères physiologiques ou morphologiques peu tranchés.

2) Certaines mutations demeurent à l'état hétérozygotes en X2 et ne peuvent être décelées au cours de cette génération.

En 1957, nous avons étudié systématiquement la troisième génération, après irradiation, de 243 plantes X1 issues de grains secs de la variété Piroline ayant reçu une dose de 25.000 r qui provoqua une léthalité de 89,20 %. Ces 243 plantes X1 ont produit 4.559 plantes X2 sur chacune desquelles un épi a été prélevé en 1956 ; les grains de ces épis furent semés au champ en 1957, constituant la génération X3. Les descendance de ces 243 plantes ont laissé apparaître des mutants chlorophylliens au cours des deuxième et troisième générations dans les proportions suivantes :



Ces observations montrent que seulement la moitié des plantes X1 porteuses de mutations chlorophylliennes les extériorise en X2 alors qu'une autre moitié des mutations reste à l'état hétérozygote et ne se révèle qu'en X3 ; le taux de plantes X1 mutantes passe de 20,1 % après la deuxième génération à 39 % à la troisième génération.

Il est à remarquer qu'en X3 la présence de mutants chlorophylliens ne fut plus observée dans 15 descendances où ils s'étaient manifestés en X2 ; il faut supposer que seules les plantules mutantes apparues en X2 étaient porteuses de gènes mutés.

ÉTUDE DES DIVERS TYPES DE MUTATIONS

Au cours de cette troisième génération, il fut possible d'établir le taux de descendances présentant également :

- 1) De la stérilité consécutive à des remaniements chromosomiques ou à l'action de gènes léthaux ;
- 2) Des mutants morphologiques et physiologiques se distinguant d'une manière suffisamment nette du type normal.

Parmi les 243 descendances de plantes X1, 189 extériorisent des mutations en X3.

Ce chiffre montre la puissance de l'action mutagénique des rayons X qui, ici, à dose subléthale, ont modifié le patrimoine héréditaire de 77,77 % des embryons qui ont survécu à leur action.

Dans la descendance d'une plante X1, on peut observer un ou plusieurs types de mutations :

TABLEAU 15

Nombre de descendances		Types de mutants observés	
25	chlorophylliens		
67		stériles	
12			morphologiques ou physiologiques
38	chlorophylliens et	stériles	
4	chlorophylliens	et	morphologiques ou physiologiques
30		stériles et	morphologiques ou physiologiques
13	chlorophylliens	stériles et	morphologiques ou physiologiques

Les mutants chlorophylliens apparaissent ainsi dans 80 descendance, les mutants stériles dans 148 et les mutants morphologiques et physiologiques dans 59. La proportionnalité entre ces divers groupes montre que la dernière catégorie, qui renferme les types les plus intéressants, est beaucoup plus fréquente qu'on ne le croit habituellement : pour 100 descendance avec mutants chlorophylliens, il y en a 73 avec mutants morphologiques ou physiologiques. Les types stériles sont beaucoup plus fréquents que les mutants chlorophylliens, mais ceux-ci ont été adoptés comme test de l'action mutagénique des agents inducteurs en raison de la facilité de leur détection qui nécessite l'observation des plantes X2 au stade plantule seulement.

Les descendance X3 (de plantes X2) renfermant des mutants morphologiques et physiologiques étaient au nombre de 104 parmi lesquels 62 à l'état homozygote et 42 à l'état hétérozygote. Cette observation confirme les indications déjà fournies par les mutants chlorophylliens et démontre que 50 à 60 % seulement des mutants peuvent être décelés en X2.

Il faut en outre tenir compte du fait que les mutations de faible amplitude peuvent échapper à l'observation qui, en X2, s'effectue sur des plantes individuelles. Dans la recherche de mutants de valeur, il est donc absolument indispensable de poursuivre les investigations en troisième génération après traitement.

MUTATIONS MULTIPLES DANS UNE MÊME DESCENDANCE DE PLANTE X2

STADLER (17) prétendait que dans la plupart des cas on obtiendrait, après irradiation, des hétérozygotes complexes qui devraient être fixés comme après une hybridation.

Or en 1957, l'observation de la troisième génération après irradiation a montré que 824 descendance de plantes X2 mutantes comportaient les types de mutants suivants :

TABLEAU 16

Nombre de descendance		Types de mutants observés	
209	chlorophylliens		
495		stériles	
90			morphologiques ou physiologiques
16	chlorophylliens et	stériles	
3	chlorophylliens	et	morphologiques ou physiologiques
11		stériles et	morphologiques ou physiologiques

Il n'y a donc que 30 cas sur 824 soit 3,76 % où deux catégories de mutants furent observées dans la descendance de plantes X2 et, sur les 228 descendance avec mutations chlorophylliennes reprises au tableau 16, deux

seulement — soit 0,87 % — comprenaient deux types différents de déficients chlorophylliens.

Dans nos expériences, la présence de mutations multiples constitue donc une minorité ; ce fait est confirmé par l'observation de nombreuses descendance en quatrième génération après irradiation.

MUTATIONS DE BOURGEONS

Les plantes mutantes en X2 peuvent être homozygotes ou hétérozygotes pour une mutation déterminée. Dans le premier cas, toutes les talles appartiennent au nouveau phénotype ; dans le second cas, toutes les tiges extériorisent l'ancien phénotype si le gène muté est récessif.

Un troisième phénotype s'est manifesté dans notre matériel en 1957 (photo 2) :



Photo 2. — Mutation de bourgeon en X2.

Une plante X2 portait 11 épis lâches absolument identiques à la lignée Piroline et un épi nettement plus compact :

	longueur de l'épi	nombre d'articles	longueur d'un article
épis normaux	$83,2 \pm 4,2\text{mm}$	$25,2 \pm 0,7$	$3,292 \pm 0,116\text{mm}$
épi mutant	58mm	26	2,230mm

Il est logique de penser que cette particularité est due à une mutation de bourgeon, mais seule l'analyse du comportement héréditaire des descendance issues des grains portés par l'épi mutant et les autres épis pourra nous donner des éclaircissements sur son origine.

Ces mutations de bourgeons sont très rares et, dans la généralité des cas, toutes les talles de chaque plante X2 ont la même constitution génétique homozygote ou hétérozygote. La technique que nous avons utilisée et qui consiste à ne récolter qu'un épi sur chaque plante X2 pour constituer la X3 est parfaitement valable pour la grande majorité des descendance observées.

Étude de la quatrième génération après irradiation (X4)

Bien que chaque descendance de plante X2 soit représentée au cours de la troisième génération après irradiation par environ 25 plantes, il est encore impossible pour un certain nombre de ces descendance de certifier que l'écart qu'elles présentent par rapport au témoin est dû à une fluctuation ou à une modification héréditaire car il consiste le plus souvent en une modification du tallage, une végétation plus vigoureuse, une paille légèrement plus courte ou plus haute, une légère différence de résistance aux maladies.

Ainsi, au cours d'une troisième génération après irradiation examinée en 1956, 367 descendance douteuses avaient été notées ; le contrôle de celles-ci au cours de la X4 en 1957, a démontré que 18 — soit 5 % — étaient de réels mutants.

Or, dans la X3 de 1957, à côté de 62 mutants morphologiques et physiologiques homozygotes et de 42 mutants morphologiques et physiologiques hétérozygotes, 628 cas douteux ont été repérés ; on peut supposer que 5 % de ceux-ci — soit environ 30 descendance — seront également modifiés par des mutations.

Ces données permettent de préciser les chiffres établis antérieurement et de résumer de façon approchée, le schéma de la mise en évidence des mutants au cours des générations successives :

- 45% des mutants détectés en X2
sont en majorité des grosses mutations ;
- 30% des mutants détectés en X3
comprennent des petites et des grosses mutations ;
- 25% des mutants détectés en X4
comprennent uniquement des petites mutations.

Les grosses mutations produisent un phénotype très distinct de la variété dont elles sont issues ; les petites mutations ne déterminent qu'un faible écart phénotypique par rapport au type original ; au point de vue pratique, ce sont ces dernières qui peuvent présenter le plus d'intérêt.

La quatrième génération après irradiation est constituée de familles formées de 10 descendance d'épis récoltés dans une même descendance X3. Elle comprend les mutants détectés en X2, en X3 ainsi que les lignées douteuses. La majorité des types mutants sont homozygotes à ce stade et ne nécessitent aucune fixation ultérieure.

Essais de rendement

L'observation visuelle des mutants obtenus est susceptible de fournir des renseignements de haute valeur sur le comportement végétatif des nouveaux phénotypes, mais la détermination de leur productivité ne peut être établie que par des essais de rendement. Dans ceux-ci, sont seules intégrées les lignées dont la productivité paraît élevée, c'est-à-dire environ 10 % des mutants morphologiques et physiologiques induits.

Les essais de rendement peuvent débiter après la troisième génération, mais, dans nos expériences, ils ne commencent généralement qu'après la quatrième génération. Au cours de la première année d'essai, les mutants sont comparés à la lignée originale selon la méthode des blocs avec 4 parcelles de 1 m² de surface utile par variété. Les mutants retenus après cette première épreuve sont à nouveau testés suivant la même méthode pratiquée avec 8 répétitions. Ultérieurement, ils sont introduits dans des essais établis au semoir et comprenant 4 ou 6 parcelles de 20 m².

Les conditions de l'expérimentation sont celles adoptées généralement en grande culture. Les orges de printemps prennent place dans la rotation : betterave — froment — avoine — orge, et reçoivent, avant le semis, une fumure minérale s'élevant à 40 - 50 kg d'azote, 100 - 120 kg d'acide phosphorique, 120 - 140 kg de potasse par hectare. Le semis est effectué le plus tôt possible (en mars, ordinairement) à la densité de 300 grains par m², soit environ 120 kg/ha et à interlignes de 20 cm.

La technique de détection et de caractérisation des mutants exige donc, non seulement l'étude des 2^e, 3^e et 4^e générations après traitement, mais encore l'établissement d'essais de rendement ; un minimum de 5 années est nécessaire pour effectuer l'ensemble de ce travail. La méthode peut paraître longue et difficile, mais elle est indispensable pour l'étude complète du matériel végétal qui a été soumis aux irradiations.

Les Chênaies de l'Ardenne centrale (*)

par A. NOIRFALISE et A. THILL.

1. Introduction

La présente étude constitue la synthèse des nombreuses observations effectuées, en Ardenne centrale, à propos des chênaies qui couvrent encore d'importantes surfaces dans les forêts communales ou privées. Traditionnellement traitées en taillis pour la production d'écorces ou de bois de chauffage, souvent essartées et même pâturées dans le passé, ces chênaies ont longtemps joué un rôle capital dans l'économie des communautés rurales. Aussi représentent-elles des formes de substitution plus ou moins altérées de la forêt primitive.

Presque partout, ces taillis sont aujourd'hui dévalorisés. Leur transformation en futaie feuillue ou en futaie mixte de feuillus et de résineux s'impose généralement, encore qu'une solution plus radicale et certainement plus discutable, sur le plan biologique, soit fréquemment adoptée, celle de l'enrésinement intégral par l'épicéa. Cependant, quelle que soit la valorisation préconisée, elle doit se fonder sur une connaissance approfondie du milieu, à laquelle une prospection pédobotanique peut largement et sûrement contribuer. Ce sont les bases d'une telle prospection que nous exposons ci-après.

2. Quelques données sur le milieu physique

La région couverte par notre étude s'étend sur le versant septentrional du massif ardennais, compris dans les bassins de l'Ourthe, de la Lesse et de la Houille, depuis la Basse Ardenne, qui s'abaisse à 250 m, jusqu'aux plateaux supérieurs de Recogne et de Saint-Hubert, dont l'altitude est comprise entre 475 et 580 m.

Le climat, du type atlantique montagnard, est partout frais et pluvieux. Les précipitations annuelles totalisent 1.000 mm. en Basse Ardenne, 1.200 à 1.300 mm. sur les hauts plateaux ; elles sont réparties sur toute l'année, avec un maximum en automne et en hiver. La température moyenne annuelle est comprise entre 7 et 7,5°, celle de juillet entre 15 et 15,5°. Les

(*) Déposé à la rédaction le 3 février 1959. Recherche effectuée sous l'égide de l'I.R.S.I.A.

brouillards sont fréquents, les neiges humides et collantes. Des gelées printanières surviennent jusqu'en avril-mai, surtout dans les vallées encaissées et dans les grands versants ombragés, où l'on observe souvent un retard à la feuillaison des arbres.

Le substrat géologique appartient au Dévonien inférieur et comprend les étages du Gedinnien, du Siegenien et de l'Emsien (E. ASSELBERGHS, 1946). Leur lithologie est variable ; on peut classer ces terrains en quatre formations principales.

1° — Les terrains *schisto-phylladeux* dominent dans le Gedinnien supérieur (G²) de la Moyenne Ardenne, avec ses deux faciès régionaux, celui des schistes verts de Saint-Hubert (G²b) et celui des schistes bigarrés d'Oignies (G²a). Ils dominent aussi dans le Siegenien supérieur (S³), dans l'Emsien inférieur et moyen (E¹ et E²), qui affleurent en bandes parallèles et relativement étroites, dans les pentes de la Basse Ardenne. Ces terrains ont donné naissance à des sols bruns acides, à profil AC, profonds sur les plateaux et les pentes douces, moyennement profonds dans les versants ; ce sont des sols forestiers relativement fertiles pour l'Ardenne, quoique peu saturés (pH 5 à 5,5) (1) ; l'humus y est du type moder et même du type mull acide.

2° — Les terrains *gréso-schisteux* sont représentés dans la plupart des étages mais ils dominent dans le Siegenien inférieur et moyen (S¹ et S²) et dans l'Emsien supérieur (E³). Ils ont produit des sols bruns acides plus siliceux et peu saturés (pH 4,5 à 5,5), à humus du type moder, encore assez profonds sur les plateaux mais plus superficiels et plus pierreux dans les versants.

Sur les plateaux supérieurs, en particulier celui de Saint-Hubert, et plus rarement sur ceux de la Moyenne Ardenne, les sols gréso-schisteux présentent en profondeur, vers 60 cm, un horizon induré, compact et finement gleyifié qui ralentit le drainage naturel et leur confère, dans le climat pluvieux de l'Ardenne, une économie en eau favorable à la hêtraie naturelle.

3° — Les terrains *gréso-quartziteux* sont surtout localisés dans le Siegenien inférieur (S¹) et dans divers niveaux du Gedinnien. Les sols bruns qui en dérivent sont les plus pauvres et les plus acides du territoire (pH 4,5 à 5). Sur les plateaux supérieurs, où ils présentent un horizon induré analogue à celui que nous décrivons ci-dessus, ils sont meilleurs pour la forêt que dans les crêtes et les versants, où ils sont secs, pierreux, superficiels et relèvent le plus souvent du type brun ocreux (G. MANIL et A. PECROT 1954) (2).

(1) Tous les pH ont été mesurés sur le terrain au moyen du Truogg Soil Reaction Tester de Hellige.

(2) Ces sols sont caractérisés par un humus brut tendant vers le type « mor », une mobilisation du fer en surface, une structure fine et friable dans l'horizon radiculaire. On observe souvent, sous la couche d'humus brut, une frange décolorée et grisâtre, indiquant une migration locale du fer.

On y trouve même quelquefois, dans les cailloux et les arènes quartzitiques, des podsols authentiques à horizon B ferrique ou humoferrique, généralement sous bruyère.

4° — Les terrains *grésocalcareux* sont localisés au niveau des bancs de grès calcarifère, qui existent par endroits depuis le Siegenien moyen jusque dans l'Emsien. C'est là que se situent les seuls groupements forestiers neutrophiles de la région, comme la hêtraie à aspérule des pentes ombragées, l'érablière des ravins à *Ulmus montana*, la chênaie à charme à mercuriale des versants chauds et la chênaie sessiliflore à *Sorbus aria*, *Sorbus torminalis*, *Acer campestre* et *Vincetoxicum officinale* des abrupts ensolleillés et rocheux (région de Halleux et de Laroche).

5° — Si l'on excepte les alluvions des vallées, les *sols hydromorphes* sont confinés dans les dépressions évasées des plateaux supérieurs et moyens, qui constituent, dans les vieilles surfaces pénéplanées, les têtes de source du réseau hydrographique. Ces sols, communément désignés sous le nom « d'argiles blanches » par les forestiers, montrent un horizon décoloré, grisâtre ou blanchâtre, d'épaisseur variable (10 à 40 cm), reposant sur un horizon panaché et fortement gleyifié. Ces sols sont souvent développés dans des substrats siliceux, à dominance grésoschisteuse ou grésoschisteuse et l'humus qu'ils forment en surface est plus ou moins brut et même tourbeux. Sur les plateaux supérieurs, ils sont plus constamment humides et portent des chênaies pédonculées naturelles (*Querceto-Betuletum*) ou des « fagnes » de substitution, presque partout replantées d'épicéa. Sur les plateaux moyens et inférieurs, où le drainage est plus actif et les pluies moins copieuses, les sols d'argile blanche se dessèchent davantage et plus profondément au cours de l'été ; leur humus est moins tourbeux et mieux décomposé, la chênaie pédonculée y cède la place à la chênaie sessiliflore. L'épicéa est également planté dans ces stations, mais il souffre visiblement des sécheresses estivales.

3. Les chênaies de chêne sessile

Les chênaies de chêne sessile de l'Ardenne centrale relèvent de l'association subatlantique et submontagnarde du *Luzulo-Quercetum*, récemment décrite en Ardenne septentrionale par A. NOIRFALISE et N. SOUGNEZ (1957). Le chêne sessile est dominant ; il est associé au chêne pédonculé sur les sols suffisamment profonds, à régime hydrique mieux tamponné. Le hêtre n'existe dans les taillis qu'à l'état de vieilles souches ou de jeunes brins, mais il est plus abondant dans les taillis sous futaie et les futaies de chêne ; il occupait incontestablement, dans les forêts primitives, une place beaucoup plus grande, au point que, sur certains sols, la chênaie apparaît comme un groupement de substitution du *Fagetum* ardennais. Les bouleaux sont peu repré-

sentés, sauf dans les taillis clairs et dégradés. Le tremble est aussi rare qu'en Ardenne septentrionale. Le houx (*Ilex aquifolium*), le pommier sauvage (*Malus acerba*) et l'alouchier (*Sorbus aria*) sont trois espèces liées, dans la région, à la chênaie sessiliflore, mais elles ne jouent qu'un rôle mineur dans la structure des peuplements.

La flore du sous-bois est celle du *Quercion* : elle ne diffère de celle des chênaies de l'Ardenne verviétoise que par quelques traits singuliers dont nous discuterons plus loin la raison.

L'uniformité des chênaies sessiliflores n'est pourtant qu'apparente. L'analyse floristique permet d'y déceler plusieurs variantes écologiques aisément définissables. Ces variantes sont les mêmes qu'en Ardenne septentrionale, mais leur importance respective dans le paysage est fort différente. En particulier, les chênaies à *Molinia coerulea*, si largement répandues sur les plateaux de l'Ardenne verviétoise, manquent quasi totalement dans l'Ardenne centrale et s'y trouvent confinées, d'une manière exclusive, sur des sols hydromorphes. De même, les chênaies à *Viola riviniana* occupent ici une place beaucoup plus importante que dans le bassin de la Vesdre. Ces contrastes tiennent, pour une grande part, à la nature des formations lithologiques.

On trouvera, dans le Tableau I, la composition synthétique des principaux types de chênaies, sur la base des nombreux relevés dont nous disposons pour la région.

A. — CHÊNAIES SESSILIFLORES DES PLATEAUX ET DES PENTES DOUCES

1. Chênaie sessiliflore à violette.

C'est une chênaie mélangée de chêne sessile et chêne pédonculé, dans laquelle le coudrier est fréquent et même abondant ; le charme est moins représenté que dans le type similaire de l'Ardenne verviétoise, ce qu'il faut imputer à l'essartage et au pâturage, ici plus tardivement pratiqués que là-bas. Le sous-bois est caractérisé par des transgressives de forêts plus fertiles, qui indiquent une humification plus rapide et meilleure que dans les autres chênaies ; ce sont : *Anemone nemorosa*, *Polygonatum multiflorum*, *Viola riviniana*, *Catharinea undulata*, *Euphorbia amygdaloides*, *Stellaria holostea* et *Poa chaixii*.

La houlque — *Holcus mollis* — tient souvent une place importante, tandis que la myrtille et la canche flexueuse sont moins abondantes que dans les types décrits ci-après.

La chênaie sessiliflore à violette occupe le plus souvent des plateaux et des pentes douces (moins de 10°), sur sols bruns acides relativement fertiles et profonds. L'humus est du type moder et même du type mull acide dans les meilleures stations. Le pH varie entre 4,5 et 5,5 dans l'horizon humifère (valeur moyenne = 5) ; en profondeur, il est compris entre 5 et 6. Pres-

que tous les profils présentent, sur environ 20 cm, un horizon d'essartage qui tranche sur le limon jaune sous-jacent et contient des traces de charbon de bois et quelquefois des cailloux rougis par le feu.

La plupart de nos relevés de la chênaie à violette se situent sur des substrats de nature schisto-phylladeuse, notamment dans le Gedinnien supérieur (G²), pour 64 % des cas, le Siegenien supérieur (S³) pour 14 % des cas, le Siegenien inférieur (S¹) pour 12 % des cas, les assises de l'Emsien pour 10 % des cas.

L'étude comparée des hêtraies et des chênaies sessiliflores de l'Ardenne centrale nous a convaincus que, dans la plupart des cas, la chênaie à violette dérive d'une hêtraie primitive, relativement fertile, la hêtraie à *Luzula nemorosa*, *Milium effusum* et *Anemone nemorosa*, encore fréquemment représentée dans la région (1).

Ces hêtraies contiennent toujours des brins dispersés de charme et de coudrier, que le traitement en taillis sous futaie a dû favoriser. Les peuplements sont ainsi devenus des chênaies avec charme et coudrier qui ne peuvent être assimilées, selon nous, à l'authentique *Querceto-Carpinetum luzuletosum*, dont elles n'ont ni la flore caractéristique (flore du *Fraxino-Carpinion*) ni le sol brun lessivé à profil ABC.

2. Chênaie sessiliflore à chèvrefeuille.

La chênaie sessiliflore à chèvrefeuille comporte encore souvent du chêne pédonculé, mais le charme est moins fréquent et le coudrier très peu représenté. Aucune des différentielles de la chênaie à violette ne s'y retrouve, sauf quelques pieds d'anémone, mais *Holcus mollis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Lonicera periclymenum*, *Solidago virga aurea*, *Hypericum pulchrum*, et *Luzula nemorosa* y demeurent assez fréquents. La myrtille et la canche flexueuse sont, par contre, nettement mieux représentées.

Le sol brun acide est ici moyennement profond mais plus pierveux que dans la chênaie à violette ; l'humus est encore du type moder. Le pH est de 4,5 à 5 dans l'horizon humifère, de 5 à 5,5 en profondeur ; l'écart avec la chênaie à violette est donc d'une demi-unité.

La plupart des chênaies à chèvrefeuille se situent sur des pentes assez douces (moins de 10°), le plus souvent exposées au sud et à l'ouest. On peut aussi les trouver sur des pentes beaucoup plus accusées (15 à 30°), mais exclusivement au secteur sud. Elles sont surtout liées au Gedinnien et au Siegenien.

La chênaie sessiliflore à chèvrefeuille dérive généralement, en Moyenne ou Basse Ardenne, de la hêtraie à luzule et myrtille des sols grésoschisteux

(1) C'est ainsi que la chênaie et la hêtraie peuvent s'observer quelquefois en contact l'une avec l'autre, sur sol identique, aux limites des propriétés forestières.

sans horizon induré. Toutefois, sur les plateaux supérieurs de l'Ardenne, elle peut remplacer la hêtraie typique à luzule des sols grésos-schisteux à horizon induré ; dans cette hêtraie, la myrtille est souvent absente quand le couvert est entièrement fermé, mais elle peut y prendre pied dans les bouquets de chêne et, à fortiori, dans les taillis de substitution. Dans ces derniers, l'abondance du *Holcus mollis* est un signe patent d'essartage peu ancien.

3. *Chênaie sessiliflore à canche flexueuse et myrtille.*

Nous dénommons ainsi un type de chênaie déjà nettement plus pauvre que le précédent et dont le sous-bois est complètement dominé par la myrtille et la canche flexueuse (*Deschampsia flexuosa*). Les espèces signalées comme abondantes et différentielles dans la chênaie à chèvrefeuille manquent à peu près totalement ici, à l'exception de *Holcus mollis* et *Luzula nemorosa*, encore un peu représentées. Le chêne pédonculé est sporadique et cède totalement la place au chêne sessile. Cette variante paraît aussi correspondre à l'optimum du houx dans le secteur. Charme et coudrier sont absents.

Le sol est souvent moins profond et plus caillouteux que dans le type précédent ; l'humus est de moins bonne qualité, avec une tendance à s'accumuler et à évoluer en « mor » ; le profil lui-même tend vers le type brun ocreux, sans en prendre pourtant la morphologie caractéristique. Le pH ne dépasse pas 4,5 dans l'horizon humifère, 5 dans les couches sous-jacentes. Il n'y a jamais d'horizon induré en profondeur.

Dans la région, la chênaie sessiliflore à canche flexueuse et myrtille marque une nette prédilection pour le Siegenien inférieur (60 % des cas) et le Gedinien (40 % des cas). Elle se situe généralement sur des pentes douces (2 à 10°).

La chênaie sessiliflore à canche flexueuse et myrtille est le taillis de substitution de la hêtraie à myrtille, où le chêne sessile est d'ailleurs relativement fréquent et même codominant dans les futaies.

B. — CHÊNAIES SESSILIFLORES DES LITHOSOLS SUR FORTES PENTES

4. *Chênaie sessiliflore à Leucobryum glaucum.*

C'est une chênaie des pentes sèches, ensoleillées et caillouteuses, orientées au secteur sud et très inclinées (20 à 45°). Encore souvent traitée en futaie, elle comporte, outre le chêne sessile qui est dominant, une certaine proportion de hêtres, toujours médiocres et mal venants. La myrtille et la canche flexueuse dominent dans le sous-bois. Les mousses sont abondantes, particulièrement les coussinets de *Leucobryum glaucum*, et l'on y trouve souvent des lichens. Dans les plus mauvaises stations et dans les peuplements les plus clairs, la callune (*Calluna vulgaris*) envahit le sous-bois, avec des touffes disséminées de *Molinia coerulea*.

Le sol est du type brun ocreux, superficiel et sec, avec un humus du type « mor », parfois épais de 2 à 3 cm. Beaucoup plus souvent, le mor est inexistant ou peu apparent, là où les litières sont balayées par le vent ou le ruissellement. Le pH est compris entre 4 et 4,5 en surface, entre 4,5 et 5 en profondeur.

Dans les variantes envahies par la callune et par des touffes de molinie, le sol est davantage podsolisé et présente, sous la couche de mor, un horizon décoloré, grisâtre, de 1 à 5 cm, parfois 10 cm. On ne passe toutefois au podsol proprement dit que dans les arènes quartzitiques, dominées par la bruyère.

Toutes les chênaies à *Leucobryum* sont liées aux terrains grés-quartziteux et se rencontrent surtout dans le Siegenien (79 % des cas) et plus particulièrement dans le Siegenien inférieur (S¹, 62 % des cas). Elle apparaît aussi dans les niveaux quartziteux du Gedinnien (17 % des cas).

La chênaie à *Leucobryum* est une forêt peu modifiée par l'homme et dont la forme primitive est celle d'une chênaie-hêtraie à myrtille. Traitée en taillis, elle s'embryère facilement.

5. Chênaie sessiliflore à *Calamagrostis arundinacea*.

La chênaie à *Calamagrostis* est confinée dans les versants abrupts et pierreux des vallées encaissées et froides, au niveau des substrats grés-schisteux, principalement dans le Siegenien (65 % des cas). Elle se trouve presque toujours aux expositions sud à est. Le chêne sessile domine mais le hêtre demeure relativement abondant dans les futaies ; l'érable sycomore, le charme et le coudrier y sont représentés. Le groupement est répandu dans les versants de la Lesse, de la Lomme, de la Masblette et de la Wamme.

En dépit de sa situation et du caractère gréseux des roches-mères, le sol de la chênaie à calamagrostide est relativement fertile et l'humus est du type moder. Le pH atteint 4,5 à 5 en surface, 5 à 5,5 en profondeur. Cette forêt a généralement échappé à l'essartage et est traitée en futaie. Le hêtre y conserve une force concurrentielle aussi élevée que le chêne sessile.

6. Chênaie sessiliflore à *Luzula maxima*.

Elle remplace la chênaie à *Calamagrostis* lorsque, dans les grands versants pierreux, les grès le cèdent aux schistes et aux phyllades. Le sol est encore du type brun acide à moder, à pH voisin de 5. Le charme est souvent abondant et le coudrier présent. Le hêtre accompagne le chêne sessile, mais il est tout au plus codominant.

La chênaie à *Luzula maxima* se rencontre surtout sur les roches-mères plus argileuses de l'Ensien et du Siegenien Supérieur, qui affleurent dans les grandes vallées de la Basse Ardenne, où le groupement est pratiquement confiné. Il marque une prédilection nette pour l'exposition ouest.

Cette chênaie est également peu modifiée par l'homme.

C. CHÊNAIES SESSILIFLORES SUR SOLS HYDROMORPHES

7. *Chênaie sessiliflore à molinie.*

La chênaie sessiliflore à *Molinia coerulea*, si largement répandue dans l'Ardenne verviétoise, n'est localisée en Ardenne centrale, que sur des sols hydromorphes des dépressions, dans la frange extérieure des fanges et des fangettes (1).

Le chêne sessile et le chêne pédonculé sont codominants ; le hêtre leur est encore associé. Le sous-bois est caractérisé par l'abondance de *Molinia coerulea* ; *Calluna vulgaris* est souvent présent par touffes.

Le groupement n'existe guère que dans l'aire du Siegenien inférieur, sur des sols bruns gleyifiés et panachés à partir de 20-30 cm. Le pH est de 4,5 à 5 en surface, de 5, à 5,5 en profondeur.

8. *Chênaie sessiliflore à Dryopteris.*

La chênaie sessiliflore à *Dryopteris* remplace la précédente sur des sols plus humides. C'est le même complexe ligneux mais, dans le sous-bois, se joignent à *Molinia coerulea* tout un ensemble d'espèces hygrophiles : *Luzula maxima*, *Dryopteris dilatata*, *Dryopteris spinulosa*, *Blechnum spicant*, *Dryopteris montana* (rare), *Athyrium filix-femina*, *Juncus effusus*, *Carex leporina*, *Carex pallescens*. On peut même trouver, dans de petites poches plus humides, quelques groupes de Sphaignes (*Sphagnum recurvum* et *S. palustre*).

Le groupement est fort semblable à celui de l'Ardenne verviétoise, mais il s'en distingue par l'absence de *Carex binervis*, fréquemment associé à cette forêt dans le bassin de la Vesdre.

La chênaie sessiliflore à *Dryopteris* se rencontre surtout dans l'aire du Siegenien inférieur et occupe des sols à moder semi-tourbeux (2 à 3 cm), gleyifiés dès la surface et présentant, dans beaucoup de cas, un horizon décoloré, grisâtre ou blanchâtre, de 10 à 20 cm d'épaisseur. Ce dernier repose sur une couche gleyifiée d'aspect panaché. Le pH varie de 4,5 à 5 en surface, de 5 à 5,5 en profondeur. Le sol de la chênaie sessiliflore à *Dryopteris* peut s'assécher durant l'été sur une grande profondeur. Lorsque l'humidité demeure plus constante, la chênaie sessiliflore fait place à la chênaie pédonculée que nous étudions ci-après.

(1) La situation est autre sur le plateau revinien de la Croix Scaille où l'on retrouve, sur d'assez grandes étendues, la chênaie sessiliflore à molinie et la chênaie sessiliflore à *Dryopteris*. On peut donc considérer ces deux groupements comme typiques de l'Ardenne cambrienne (terrains reviniens, devilliens et salmiens).

4. La chênaie pédonculée en Ardenne centrale.

La chênaie pédonculée à bouleau de type boréo-atlantique (*Querceto-Betuletum*) n'est représentée, en Ardenne centrale, que par quelques stations sur les sols d'argile blanche des plateaux supérieurs. Ces peuplements se rattachent visiblement au groupement homologue de l'Ardenne septentrionale (Hautes Fagnes) et correspondent également, comme là-bas, à l'aire naturelle des landes fagnardes à *Vaccinium uliginosum* et *Erica tetralix*. De cette dernière subsistent quelques fragments sur le plateau de Saint-Hubert, et sur celui de la Croix Scaille, en territoire français.

La chênaie pédonculée à bouleau a été décrite, sur le plateau de Saint-Hubert par A. THILL (1956). Le peuplement principal comprend le chêne pédonculé, le bouleau pubescent et moins souvent le bouleau verruqueux. Le chêne sessile est exceptionnel et le hêtre absent. Le sous-bois est caractérisé par *Molinia coerulea*, des plages de *Luzula maxima*, des touffes de *Dryopteris spinulosa*, *Dryopteris dilatata*, *Athyrium filix-femina* et *Blechnum spicant*. La trientale (*Trientalis europaea*) a été observée dans quelques stations : c'est une compagne du bouleau pubescent qui transgresse, comme lui, dans la chênaie pédonculée. Cet ensemble phytosociologique place nos chênaies pédonculées dans la sous-association du *Querceto-Betuletum dryopteridetosum*, décrite en Ardenne verviétoise.

Le sol des chênaies pédonculées à bouleau appartient au groupe des gley-podsols : l'humus est un mor tourbeux ; il forme une couche hologranique qui repose sur un horizon minéral (A^2), grisâtre ou blanchâtre, de 20 à 10 cm. d'épaisseur ; sous ce dernier se trouve un horizon fortement gleyifié et constamment humide.

En dehors du plateau de Saint-Hubert, la chênaie pédonculée n'a été observé qu'exceptionnellement, notamment en quelques stations minuscules du Bois de Tellin (Commune de Tellin, alt. 400 m).

5. Influence résiduelle de l'essartage sur la flore forestière

Nous avons dit précédemment que la plupart des chênaies sessiliflores, à l'exclusion de celles qui occupent les grands versants abrupts ou les sols hydromorphes, ont été essartées dans le passé. En Ardenne centrale, le régime du taillis sarté et pâturé a subsisté jusqu'au début du xx^e siècle. Par contre, dans l'Ardenne verviétoise, il a disparu plus précocement et, d'après les témoignages concordants recueillis dans cette région, il n'a plus été pratiqué après 1850, même dans les taillis encore exploités comme tels de nos jours. En comparant ces taillis avec ceux de l'Ardenne centrale, sur des sols équivalents, il est possible de saisir les effets résiduels de l'essartage sur la flore forestière.

Ces effets sont surtout perceptibles dans le cas des chênaies à *Viola riviniana*, où l'essartage se répétait tous les 15 à 20 ans en moyenne et qui furent peut-être le plus tardivement soumis à ce régime, en raison de leur relative fertilité. En comparant les 37 relevés de l'Ardenne centrale, qui se rapportent à cette variante, aux 18 relevés de l'Ardenne verviétoise, publiés par A. NOIRFALISE et N. SOUGNEZ (1957), on peut tirer les conclusions suivantes :

1^o) L'essartage a contribué à l'appauvrissement des taillis en hêtre, ce qui est naturel puisque cette essence rejette mal de souche, mais aussi en chêne sessile au profit du chêne pédonculé (*). Le charme, l'érable sycomore, le houx et la bourdaine sont aussi moins fréquents dans les taillis sartés tandis que le coudrier, le pommier sauvage et le tremble y ont été plutôt favorisés. Aucune différence significative ne se marque pour le sorbier et le bouleau.

2^o) En ce qui concerne le sous-bois, les taillis encore récemment sartés sont plus pauvres en géophytes forestiers (*Convallaria majalis*, *Polygonatum multiflorum*, *Polygonatum verticillatum*, *Majanthemum bifolium* et *Anemone nemorosa*) et en hémicryptophytes sciaphiles (*Luzula nemorosa*, *Poa nemoralis*, *Senecio fuchsii*). Le chèvrefeuille et même la myrtille, arrachés lors des écobuages, y sont également moins abondants.

Par contre, certaines espèces ont été nettement favorisées par l'essartage et le pâturage : c'est surtout le cas de *Holcus mollis*, mais aussi de *Galium saxatile*, *Melampyrum pratense*, *Stachys officinalis*, *Lathyrus montanus*, *Viola riviniana* et *Euphorbia amygdaloides*. Le fait est moins probant pour *Deschampsia flexuosa* et *Anthoxanthum odoratum*.

Les autres espèces comme *Pteris aquilina*, *Teucrium scorodonia*, *Carex pilulifera*, *Solidago virga-aurea*, *Hypericum pulchrum*, *Agrostis vulgaris*, le framboisier et la ronce ne paraissent pas avoir été affectés par le régime du taillis sarté, car elles sont tout aussi fréquentes et abondantes dans les taillis simples non sartés.

3^o) La strate muscinale est toujours plus développée dans les taillis encore récemment sartés et elle est plus riche en mousses héliophiles, telles que *Dicranum scoparium*, *Scleropodium purum*, *Entodon schreberi*, *Hypnum cupressiforme* et *Rhytiadelphus triquetrus*. *Polytrichum formosum* est, par contre, moins abondant.

4^o) L'influence résiduelle de l'essartage sur la flore des taillis est d'autant moins marquée que les chênaies sessiliflores sont plus pauvres ; dans le type à chèvrefeuille, les différences précitées sont encore réelles, mais elles s'atténuent dans le type à canche et myrtille. Il est d'ailleurs probable que

(1) On peut présumer que le chêne pédonculé a souvent été introduit et multiplié par plantation en vue de l'élevage du porc en forêt (glandées plus abondantes).

l'essartage se pratiquait à des intervalles d'autant plus longs que les taillis étaient plus pauvres et de croissance plus lente.

5°) Le comportement du genêt, *Sarothamnus scoparius*, mérite une mention particulière (1). Dans les taillis sartés de l'Ardenne centrale, il levait en masse après la phase culturale et faisait l'objet d'une ou deux récoltes avant la mise au pâturage ou au repos du taillis. Au besoin, il était même semé dans le seigle, après l'écobuage. Aussi les taillis sartés demeurent-ils plus riches en genêt et ce dernier y lève encore volontiers à l'occasion des coupes.

Les observations que nous venons de résumer confirment et complètent très largement celles que P. SEIBERT (1955) relate à propos des taillis sartés du sud de la Westphalie.

Quant aux effets de l'essartage sur les sols bruns acides de l'Ardenne, il est fort difficile de les estimer. Il ne semble pas qu'on puisse conclure à un épuisement chimique du substrat ni que ce régime ait favorisé l'érosion des sols, exception faite pour les fortes pentes. Les sols forestiers encore récemment sartés ont même souvent un pH plus élevé qu'ailleurs, mais leur structure est moins bonne et plus poussiéreuse dans l'horizon humifère. Selon P. Roisin (1952) ils conviennent mieux aux essences à caractère pionnier et à enracinement profond, le chêne par exemple, plutôt qu'au hêtre ou à l'épicéa.

6. Possibilités culturales des diverses chênaies

Si la conversion des taillis et taillis sous futaie s'impose généralement dans le milieu ardennais, il convient pour la réaliser de tenir compte des possibilités stationnelles. A cet égard, les types de chênaies que nous avons décrits sont d'excellents indicateurs du milieu ; chacun d'eux mérite un traitement particulier.

1°) Les chênaies sessiliflores des grands versants ensoleillés, celles à *Leucobryum*, à *Calamagrostis* ou à *Luzula maxima* constituent le cas le plus simple. Leur structure naturelle implique, à l'état de futaie, le mélange du chêne sessile et du hêtre ; le premier y vient particulièrement bien et peut atteindre des hauteurs totales de 25 m (type à *Leucobryum*) et même de 30 m (type à *Calamagrostis*).

Il paraît indiqué de maintenir ces stations sous feuillus et de n'y point favoriser le hêtre d'une manière systématique ; on pourra toutefois, au besoin, enrichir ces chênaies en y injectant des essences à enracinement

(1) Le rôle du genêt dans les taillis sartés a fait récemment l'objet d'une étude fouillée en Allemagne, dans le Siegerland (P. FICKELER, 1958). Voir aussi à ce sujet : A. NOIRFALISE et A. THILL (1958).

profond, fixant bien les sols pierreux des pentes. Nous songeons en particulier au mélèze d'Europe, au pin sylvestre et au chêne rouge d'Amérique. En tout état de cause, on obtiendra toujours des rendements peu satisfaisants dans le type à *Leucobryum*, meilleurs dans le type à *Calamagrostis* et à *Luzula maxima*.

2^o) Les chênaies sessiliflores sur sols bruns acides des plateaux et des pentes douces constituent en fait des forêts de substitution de la hêtraie ardennaise, induites par le régime du taillis et des pratiques qui lui furent associées (essartage, pâturage). La réserve en chêne sessile et plus encore en hêtre est, aujourd'hui, faible à nulle et souvent médiocre : les dominants ont une hauteur totale comprise entre 20 et 25 m selon la fertilité des types, soit donc généralement moins que dans les hêtraies correspondantes.

On pourrait considérer comme rationnel de recréer dans ces milieux, par plantation, des hêtraies pures dans la chênaie à violette, des hêtraies comportant une proportion croissante de chêne sessile, dans la chênaie à chèvrefeuille et dans la chênaie à canche et myrtille. Mais il faut tenir compte, cependant, des effets résiduels de l'essartage sur le sol. Il s'avère, en effet, que les hêtraies jadis reconstituées de cette manière ont souvent une productivité inférieure aux hêtraies naturelles, tandis que le chêne sessile donne, temporairement, des résultats meilleurs. On pourra réaliser des peuplements plus rentables en associant au chêne et au hêtre des essences exotiques, cultivées par bouquets, selon le système de la futaie jardinée.

Dans la chênaie à violette, le choix est en réalité assez large, en raison de la profondeur et de la richesse relative du sol. On peut recourir au sapin de Douglas, au sapin pectiné, au sapin de Nordmann, à l'épicéa, aux mélèzes et au pin, sans négliger le hêtre et le chêne sessile, ni l'érable sycomore et, au besoin, le chêne rouge d'Amérique.

Dans la chênaie à chèvrefeuille, le choix sera davantage limité et, à fortiori, dans la chênaie à myrtille (mélèzes, épicéa, pin, chêne rouge d'Amérique).

3^o) Les milieux de la chênaie sur sols hydromorphes de plateau sont traditionnellement réservés à l'épicéa : celui-ci donne d'excellents résultats sur les hauts plateaux, dans les stations de la chênaie pédonculée et de la chênaie sessiliflore à *Dryopteris*. Plus bas, il risque de souffrir des sécheresses estivales. On pourrait aussi essayer dans ces stations *Thuja gigantea* et *Picea sitchensis*, par groupes ou bouquets.

4^o) L'enrésinement intégral en épicéa des chênaies sessiliflores est une solution radicale à laquelle recourent volontiers les communes et les propriétaires particuliers. Cette culture, momentanément rentable sur le plan économique, offre de graves inconvénients biologiques. Non seulement le rendement de ces dernières diminuera d'une génération à l'autre (par épuisement chimique du sol), mais on risque de voir s'y multiplier les foyers de pourriture due à *Phomes annosus* (conséquence indirecte du climat), d'autant

plus rapidement qu'on s'écarte des plateaux supérieurs de l'Ardenne. Quant à la nocivité supposée des plantations d'épicéas sur les propriétés structurales et biologiques des sols bruns acides de l'Ardenne, elle mériterait une étude approfondie, qui n'a pas encore été entreprise.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ASSELBERGHS E. (1946). L'Eodévonnien de l'Ardenne et des régions voisines. *Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, t. XIV.
- FICKELER P. (1958). Der Besenginster in der Siegerlander Hauberglandschaft und Wirtschaft. *Siegerland*, 35.
- HANOTIAUX G. (1957). Contribution à l'étude physico-chimique et pédogénétique des sols bruns acides et formations voisines de l'Ardenne Belge. *Bull. Inst. Agr. et Stat. rech. de Gembloux*, t. XXV, n° 3-4.
- MANIL G. (1956). L'humus forestier. Une première application : la classification des sols forestiers. *Bull. Soc. Roy. for. Belg.*, nov. 1956.
- MANIL G. et PECROT A. (1954) Les sols forestiers oligotrophes du climax des Ardennes belges. *C. R. II^e Congrès Int. Sc. du Sol*. Léopoldville, vol. IV.
- NOIRFALISE A. (1956). La hêtraie ardennaise. *Bull. Inst. Agr. et St. de recherches de Gembloux*, t. XXIV, n° 2.
- NOIRFALISE A. et SOUGNEZ N. (1957). Les chênaies de l'Ardenne verviétoise. *Pédologie*, VI, 1956.
- NOIRFALISE A. et THILL A. (1958). Les taillis sartés de l'Ardenne. *C. R. du Congrès international pour la protection de la nature*. Athènes, 1958.
- PECROT A. et AVRIL P. (1954) Les sols ardennais - Étude morphologique et génétique des sols bruns acides et des sols podsoliques du Plateau de Saint-Hubert. *Bull. Inst. Agr. et Stat. rech. de Gembloux*, t. XXII, n° 1 et 2.
- PONCELET L. et MARTIN M. (1947). Esquisse climatologique de la Belgique. *Mem. Inst. Royal Météor. Belgique*, vol. XXV VII.
- ROISIN, P. (1952). La reforestation d'un sart en Ardenne. *Bull. Soc. Roy. For. Belgique*, N°s 8-9.
- SEIBERT P. (1955) Die Niederwaldgesellschaften des südwestfälischen Berglandes. *Allg. Forst. und Jagdzeitung*, 126, 1.
- THILL A. (1956, 1957). *Carte de la végétation de la Belgique*. Texte explicatif des planchettes 187 W, CHAMPLON (1957) et 196 W, AMBERLOUP (1956).

TABLEAU 1. — **Structure floristique des principaux types de Chênaies**

- A. Chênaie sessiliflore à violette (37 relevés)
 B. Chênaie sessiliflore à chèvrefeuille (26 relevés)
 C. Chênaie sessiliflore à canche flexueuse et myrtille (30 relevés)
 D. Chênaie sessiliflore à Calamagrostis (17 relevés)
 E. Chênaie sessiliflore à Luzula maxima (8 relevés).

Les chiffres romains donnent la présence, les chiffres arabes l'abondance-dominance moyenne.
 Les relevés ont été effectués sur 2 ares.

	A	B	C	D	E	F
A. Peuplement ligneux.						
1. Compagnes du chêne sessile						
Quercus sessilis	VII3	VIII4	X4	X4	X4	X4
Betula verrucosa	IX2	VII2	VII2	VI1	VI1	III1
Sorbus aucuparia	VIII1	VI1	VI +	II +	IV +	II +
Malus acerba	IV +	III +	—	—	I +	—
Ilex aquifolium	—	I +	III.3	—	—	—
2. Compagnes du chêne pédonculé						
Quercus pedunculata	VIII3	V3	III1	I +	I +	II1
Rhamnus frangula	V1	V +	I +	I +	I +	—
Betula pubescens	I +	I +	I +	I +	—	—
Populus tremula	III +	I +	I +	—	—	—
3. Compagnes du hêtre						
Fagus silvatica	IV1	VII1	VII.2	VII2	X2	VI2
Carpinus betulus	V1	V +	—	I +	VII1	X1.3
Corylus avellana	IX2.3	IV +	—	—	IV1	V1
Acer pseudoplatanus	I +	—	—	—	III1	II
Salix caprea	II	I +	—	—	—	—
B. Sous-bois						
I. Espèces des chênaies sessiflores						
Vaccinium myrtillus	VII2	VIII3.4	X4.	X4.	VIII2.3	VI1
Teucrium scorodonia	IX1.2	VII.2	II +	II +	VII +.1	VIII1
Luzula nemorosa	III1.2	III1	IV +	I +.1	VII1	V +
Anthoxanthum odoratum	V1.2	III +	I +	I +.1	VII	V2
Melampyrum pratense	VI1.2	IV1	III1	IV1	I +	III1
Galium saxatile	VI1	V1	V1	—	II +	—
Solidago virga-aurea	IV1	III +.1	—	—	—	I +
Convallaria majalis	III1	II	—	—	I +	III.3
2. Espèces des chênaies en général						
Deschampsia flexuosa	X3.4	X3.4	X3.4	X3.4	X2	X3
Pteris aquilina	VII2	VIII.3	V2	IV1	IV1	—
Holcus mollis	IX1.3	VII.2	VI1	I +	IV1	II
Carex pilulifera	IV +.1	V +.1	V +.1	IV1	IV +	I +
Hypericum pulchrum	V +	IV +	I +	I +	V +	V +
Lonicera periclymenum	VIII.2	V1	—	—	I +	V1
Polytrichum formosum	VI1	VIII1	VIII2	VIII2	X2	VIII2
Dicranum scoparium	V1	VII.2	VII2	IX2	VIII.2	VI1
Dicranella heteromalla	II1	II	II +.1	IV2	III	—

3. Différentielles des variantes

a) <i>Anemone nemorosa</i>	VIII.1,2	III +	—	—	III	III
<i>Viola riviniana</i>	V +	—	—	—	I +	—
<i>Catharinea undulata</i>	III	—	—	—	I +	III +
<i>Lathyrus montanus</i>	II +	—	—	—	I +	I +
<i>Poa chaixii</i>	I +	—	—	—	—	III
<i>Euphorbia amygdaloïdes</i>	II +	—	—	—	I +	—
<i>Polygonatum verticillatum</i>	I +	—	—	—	I +	—
<i>Stellaria holostea</i>	II +	—	—	—	—	—
<i>Moehringia trinervia</i>	I +	—	—	—	—	—
<i>Polygonatum multiflorum</i>	I +	—	—	—	—	—
<i>Senecio fuchsii</i>	I +	—	—	—	—	—
<i>Oxalis acetosella</i>	I +	—	—	—	—	—
<i>Fragaria vesca</i>	I +	—	—	—	—	—
b) <i>Calluna vulgaris</i>	III +	III +	II +	VIII.1,3	I	I +
<i>Leucobryum glaucum</i>	—	—	I +	VIII.1,3	III	III +
<i>Molinia coerulea</i>	—	I +	I +	IV.1,2	II +	—
<i>Cladonia div. sp.</i>	—	—	—	V1	II	—
c) <i>Calamagrostis arundinacea</i>	—	—	—	—	X1,3	—
d) <i>Luzula maxima</i>	—	—	—	—	—	X1,3

4. Compagnes

<i>Rubus sp.</i>	IX1	VIII +	III +	—	V +	VII +
<i>Sarothamnus scoparius</i>	V +	IV +	II +	—	—	I +
<i>Agrostis vulgaris</i>	II +	I +	I +	—	I +	—
<i>Rubus idaeus</i>	III +	II +	—	—	I +	—
<i>Epilobium angustifolium</i>	II +	I +	—	—	—	—
<i>Stachys officinalis</i>	III	—	—	—	—	—
<i>Hypnum cupressiforme</i>	II +	III	III.2	VII.2	IV1	V1
<i>Entodon schreberi</i>	IV1	VI2	III	VII	II +	III
<i>Scleropodium purum</i>	III	III	III	I +	I +	I +
<i>Thuidium tamariscinum</i>	—	I +	I +	—	II	II
<i>Hylocomium splendens</i>	—	—	I +	I +	—	I +
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	I +	—	—	—	—	—

STATION LAITIÈRE DE L'ÉTAT A GEMBOUX
et
COMITÉ POUR L'ÉTUDE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU LAIT
ET DE SES DÉRIVÉS (I.R.S.I.A.)

L'appréciation de l'état d'oxydation du beurre frais par des tests de laboratoire (*)

par E. PIRAUX et E. HÔTE-BAUDART

Dans le cadre d'un travail comportant une confrontation entre les résultats de l'expertise organoleptique des beurres de laiterie et les résultats de tests en laboratoire, travail effectué sous les auspices du Comité pour l'Étude Scientifique et Technique du Lait et de ses Dérivés et avec l'aide de l'I.R.S.I.A., nous avons été amenés à effectuer parmi ces tests, pour juger du degré d'oxydation éventuelle du beurre, des tests T.B.A. (thiobarbituric acid test) et des tests peroxyde. Les résultats de ces tests paraissant à première vue fournir des indications très variables et presque fantaisistes quand il s'agit de beurres frais, nous nous sommes attachés à étudier les résultats obtenus, à rechercher quels pourraient être les facteurs susceptibles de faire varier leur valeur et comment il convenait de les interpréter.

Remarquons qu'il s'agit simplement ici de considérations tirées d'une première étude d'ensemble des données que nous possédons actuellement et que nous ne pouvons faire qu'esquisser des tendances qui seraient à vérifier dans une certaine mesure sur le plan statistique et surtout sur le plan expérimental.

En réalité, quand nous avons commencé le travail, nous ne pensions pas nous heurter à tant de difficultés pour l'interprétation des résultats de ces tests et nous n'avions pas visé à en faire une étude. Ce n'est qu'accidentellement, à cause des difficultés d'appréciation, que nous avons été amenés à exa-

(*) Déposé à la rédaction le 4 mars 1959.

miner cette question et à l'examiner avec les matériaux dont nous disposons et qui n'étaient pas destinés à l'étude en cause.

Comme le test T.B.A. a cependant été peu manié jusqu'ici et l'a surtout été dans le cas du lait et du lait en poudre (1) et que les indications qu'il peut fournir dans certains cas, tout comme l'indice de peroxyde d'ailleurs, sont de nature à déconcerter ceux qui y ont recours, nous estimons faire œuvre utile en exposant nos constatations.

A. — Le test T.B.A.

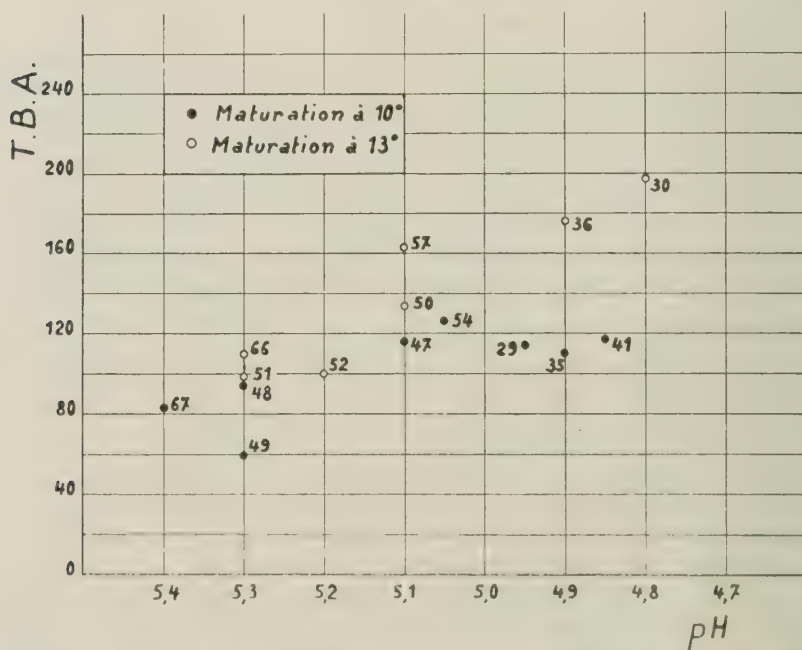
TECHNIQUE DE DÉTERMINATION

Le test T.B.A. a été effectué selon la méthode de W. L. Dunkley and W. G. Jennings (2) adaptée à l'examen du beurre par de Brieux Th.

Il s'effectuait comme suit :

Peser 20 gr de beurre dans un tube avec bouchon rodé. Centrifuger 3 minutes à froid pour amener le beurre au fond du tube. Ajouter 5 ml. d'eau

DIAGRAMME I



distillée. Ajouter 8 ml. de réactif T.B.A. Passer 10 minutes *exactement* en bain-Marie bouillant.

Dès lors, en procédant *avec rapidité* : centrifuger exactement 10 minutes (centrifugeuse chauffée) ; prélever rapidement la matière grasse ; refroidir

immédiatement au bain d'eau 20 minutes, puis au frigo (4-5°C) pendant une heure.

Pour extraire la coloration, ajouter 15 ml de la mixture d'extraction (2 volumes d'alcool isoamylique et 1 de pyridine) — Boucher le tube — Agiter au moins pendant une minute — Verser dans les godets de centrifugation et centrifuger 15 minutes à 3.000 tours/minute.

La lecture se fait en densité optique.

Le résultat s'exprime en : (densité optique lue — densité optique lue pour témoin) $\times$ 1.000. La lecture du témoin varie le plus souvent aux environs de 0,005 et semble ne pas devoir dépasser 0,01 à 0,015.

BEURRES EXAMINÉS

Dans le cadre du travail dont il a été question ci-dessus, nous avons effectué le test T. B. A. sur tous les beurres ayant figuré aux expertises organisées par l'Office National du Lait de février à fin octobre 1957. Cette détermination n'a cependant pas été faite sur les beurres de mai.

Nous avons ainsi effectué la détermination sur plus de 1.600 échantillons en provenance des diverses régions du pays.

FACTEURS DE VARIATION DE L'INDICE T.B.A.

De l'examen des résultats obtenus, nous pouvons déduire ce qui suit quant à l'influence que peuvent exercer divers facteurs sur les variations de valeur de l'indice en question.

1. — *Acidité.*

Il est bien reconnu que l'acidité du plasma du beurre est un facteur d'oxydation en cours de conservation. Ce facteur joue certainement son rôle sur le produit frais.

Généralement, cette influence se manifeste difficilement quand il s'agit de beurres de crèmes fraîches, mais elle se manifeste très nettement quand il s'agit de beurres faits de crèmes fermières : dès que l'on atteint 55 à 60° Dornic en fin de fermentation dans des crèmes à 30% de matière grasse, on s'expose dans la majorité des cas à des accidents de l'espèce.

Le diagramme I, où nous avons rassemblé les résultats de quelques essais comparatifs, permet de constater dans l'ensemble l'influence du pH sur la valeur du T.B.A..

Par contre, lorsque l'on répartit en fonction du pH les résultats d'ensemble obtenus au cours du travail en question ici, l'influence du pH se marque assez faiblement. (Voir tableaux II et III). C'est que, comme nous le verrons ultérieurement, à l'intérieur des diverses catégories ainsi créées, d'autres facteurs agissent : l'action de certains est analysée dans les tableaux en question et l'action d'autres sera évoquée dans la suite.

TABLEAU II

Valeurs de T.B.A. dans les beurres de la partie nord du pays
en fonction du pH, du test A.N.P. et de la catalase
(beurres à teneur en fer < 750 γ/Kg.)

[] = au moins 20 résultats.

() = moins de 5 résultats.

— = au moins 10 résultats.

A.N.P.	Catalase		pH. <4.5	4.5	4.6	4.7	4.8 - 5.0	> 5.0
1 - 2	≤ 1	Moyennes	[306]	[313]	[325]	284	328	271
		% > 300	48.1	52.6	47.5	38.8	52.6	46.1
		% > 200	74.0	84.2	82.5	66.6	84.2	69.2
	1 - 4	Moyennes	[280]	[242]	[261]	[218]	[268]	(213)
		% > 300	36.7	24.2	29.0	22.7	30.0	—
		% > 200	71.4	48.4	71.0	54.5	65.0	—
	≥ 4	Moyennes	[197]	[224]	[210]	[223]	196	174
		% > 300	14.2	26.3	12.5	19.0	17.6	—
		% > 200	40.0	50.0	40.6	47.6	29.4	—
3 - 4	≤ 1	Moyennes	170	224	191	(240)	273	
		% > 300	—	30.0	—			
		% > 200		50.0				
	1 - 4	Moyennes	[191]	184	224	239	(155)	(209)
		% > 300	15.0					
		% > 200	25.0					
	≥ 4	Moyennes	186	208	210	129	166	
		% > 300	7.1	9.0	11.7	0		
		% > 200	28.5	36.3	64.7	0		
5 - 6	≤ 1	Moyennes			(109)			
	1 - 4	Moyennes	(101)			(158)	(179)	(117)
	≥ 4	Moyennes	141	(140)	(142)	(95)		(157)

TABLEAU III. — **Synthèse du tableau II**

Valeurs moyennes de T. B. A. en fonction du test A. N. P., de la catalase et du pH dans les beurres de la région Nord du pays, dont la teneur en fer est inférieure à 750 γ /Kg. (entre parenthèses, nombre d'échantillons par catégorie).

A.N.P.	pH	CATALASE		
		≤ 1	1 - 4	≥ 4
1 - 2	< 4.7	313 (132)	263 (120)	210 (105)
	≥ 4.7	299 (50)	252 (45)	206 (43)
3 - 4	< 4.7	299 (22)	188 (35)	205 (41)
	≥ 4.7	263 (10)	214 (12)	153 (19)
5 - 6	< 4.7	127 (3)	127 (4)	141 (12)
	≥ 4.7	168 (2)	166 (7)	124 (6)

2. — Teneur en fer.

Le fer est un grand catalyseur de l'oxydation se manifestant sur le produit frais.

Dans le Tableau IV, nous avons indiqué les moyennes de valeurs de T. B. A. obtenues dans les diverses catégories évoquées suivant que la teneur en fer est inférieure ou supérieure à 750 γ /Kg.. Cette comparaison de moyennes est peut-être un peu sommaire mais nous paraît cependant indiquer des tendances.

 TABLEAU IV. — **Influence de la teneur en fer**

Valeurs moyennes de T.B.A. et nombre d'échantillons (entre parenthèses) dans les diverses catégories.

A.N.P.	FER γ /Kg	CATALASE		
		≤ 1	1 - 4	≥ 4
1 - 2	< 750	309 (182)	257 (165)	209 (148)
	≥ 750	347 (52)	286 (69)	259 (65)
3 - 4	< 750	217 (33)	201 (47)	186 (60)
	≥ 750	—	265 (15)	208 (11)
5 - 6	< 750	144 (5)	143 (11)	136 (18)
	≥ 750	—	179 (5)	158 (4)

3. — *Degré d'altération et flore des crèmes.*

P R O T É O L Y S E.

Il est bien connu que les phénomènes de protéolyse avec mise en liberté d'amino-acides sont susceptibles de tamponner fortement les phénomènes d'oxydation.

Nous avons d'ailleurs pu vérifier expérimentalement que cette protéolyse agissait fortement sur le T.B.A. en faisant fermenter à l'aide de ferments lactiques purs et, d'autre part, à l'aide de ferments caséolytiques ou d'un mélange de ferments lactiques et de germes caséolytiques, deux lots d'une même crème. Les T.B.A. des crèmes et des babeurres issus de ces crèmes étaient respectivement :

	CRÈMES		BABEURRES	
	T.B.A.	pH	T.B.A.	pH
Crème fraîche non fermentée	83	6,5	88	6,2
Crème pasteurisée de 8 jours	120	6,2	—	—
Ferments caséolytiques	168	4,25	208	4,5
Ferments lactiques	649	4,4	886	4,35
Ferments lactiques + Ferm. caséolytiq.	125	4,2	198	4,40

Si nous disposions des résultats d'un test permettant de juger de la libération des amino-acides dans le non-beurre, nous enregistrerions sans doute une corrélation entre les résultats de ce test et les résultats du T. B. A.

I N D I C E A.N.P.

Nous n'avons pas jusqu'ici envisagé de façon systématique la protéolyse, mais nous avons, dans le cadre du travail en question, apprécié régulièrement le degré d'hydrolyse de la matière grasse et comme généralement il y a une relation assez marquée entre les phénomènes de protéolyse et de lipolyse, beaucoup d'espèces microbiennes protéolytiques étant en même temps lipolytiques (4), nous avons fait ressortir dans les tableaux analysant nos résultats l'influence de la lipolyse sur le T.B.A.

La lipolyse devrait être appréciée sur la base du test W.I.A.. Comme nous devons ici disposer d'un test sommaire et rapide qui pût s'exécuter en grandes séries, nous avons eu recours au test A.N.P. de ARMSTRONG et HARPER (4).

Pour ne pas éparpiller les résultats, nous avons groupé deux par deux les catégories d'A.N.P., et nous avons rangé dans la catégorie dont il se rapprochait le plus un résultat correspondant à une coloration intermédiaire entre les deux catégories.

Catalase.

La catalase était déterminée sur les beurres selon la méthode G. LOFTUS-HILLS, L. R. SHARP and T. S. BELLAIR (5).

Un lait est d'autant plus vulnérable à l'oxydation qu'il est plus parfait du point de vue microbiologique.

Il semble que cette règle pourrait s'appliquer dans une certaine mesure au beurre. Du moins on peut dire que la flore lactique ne vient pas contrarier l'oxydation et vient probablement l'exalter en produisant une certaine acidification.

Par contre, il peut se rencontrer dans la flore des éléments susceptibles de contrarier l'oxydation : sans doute, les germes protéolytiques, les levures, etc... qui peuvent agir déjà sur le phénomène d'oxydation alors que rien ne se trahit encore au test A.N.P. Peut-être un test très sensible de dégradation des protéines et notamment de libération des amino-acides rendrait-il moins nécessaire ce triage d'après la flore : nous n'en sommes pas cependant convaincus.

En tout cas, il ne faut pas perdre de vue la genèse de ce travail qui n'avait pas pour but, comme nous l'avons souligné initialement, de faire une étude du T. B. A.

Qualité de la matière première.

D'une façon générale, d'après ce qui précède, on comprend que la valeur normale du T.B.A. d'un beurre est fonction en partie de la qualité de la matière première.

Les beurres ayant ordinairement une valeur élevée du T.B.A. sans présenter le goût oxydé, sont en général des beurres de toute première qualité.

En particulier, les beurres faits de crèmes qui sont un mélange de crèmes fraîches avec des crèmes fermières, même si la proportion de celle-ci n'est pas très élevée et si l'indice A. N. P. n'en est pas modifié, ont en général un indice T. B. A. assez faible, même si le chiffre de catalase est également faible par suite d'une pasteurisation efficace et d'un travail assez aseptique.

4. — *Autres facteurs.*

A considérer les tableaux II, III et IV (le tableau III n'est que la synthèse du tableau II) on constate que si, dans l'ensemble, les moyennes et la répartition des indices dans les diverses catégories indiquent que l'on a fait appel à des facteurs jouant évidemment un rôle dans la détermination de la valeur du T.B.A., néanmoins, la dispersion des valeurs dans chacune des catégories reste très grande, ce qui semble indiquer que d'autres facteurs entrent en ligne de compte dont il n'est pas fait mention dans ces tableaux.

Parmi ces facteurs, citons :

Les saisons : les valeurs d'été du T.B.A. sont généralement supérieures aux valeurs d'hiver.

Les régions : certaines régions présentent un pourcentage élevé de beurres à T.B.A. élevés ce qui ne prouve pas cependant l'influence régionale (composition de la matière grasse), mais peut provenir de l'emploi plus généralisé dans ces régions d'une technique déterminée.

La teneur en matière grasse des crèmes : le travail de crèmes diluées contrarierait la montée du T.B.A. tout comme il contrarie d'ailleurs également la libération des groupements sulfhydriles.

Valeur obtenue au test du nitroprussiate : Pour apprécier l'efficacité du traitement thermique quant à la libération des groupements sulfhydriles, nous avons effectué sur les beurres le test au nitroprussiate de JOSEPHSON D. V. et DOAN F. J. (7-8).

Il est curieux à cet égard de constater que la présentation des résultats du test T.B.A. telle qu'elle est faite dans le tableau V accuse une certaine corrélation positive entre la valeur du T.B.A. et les valeurs trouvées en effectuant le test au nitroprussiate.

S'agit-il d'une relation directe ou s'agit-il d'une relation indirecte ou purement accidentelle en ce sens que le T.B.A. serait influencé par un autre élément lui-même en relation directe avec la teneur en sulfhydriles, nous n'oserions jusqu'ici nous prononcer sur ce point.

Cette relation, peut-être apparente, devra d'ailleurs faire ultérieurement l'objet de vérifications.

Est-il possible d'interpréter des résultats du test T.B.A. ?

En énumérant les divers facteurs qui, à notre sens, seraient susceptibles de déterminer la valeur du T.B.A. d'un beurre, nous avons montré les difficultés que l'on éprouve pour interpréter des résultats du test.

Lorsqu'on a à faire à un résultat isolé, même si l'on possède d'autres indications quelque peu en relation avec l'indice T.B.A. comme l'indice A.N.P., la catalase, le pH, etc..., il serait assez osé de vouloir porter une appréciation sur un indice T.B.A., en ce sens qu'il indiquerait un danger plus ou moins pressant d'état d'oxydation, à supposer même que le T.B.A. soit la mesure adéquate de l'état d'oxydation -- ce qui n'est pas démontré. Des cas de chiffres très bas se rencontrent surtout en hiver ou au printemps, dans les laiteries ramassant des crèmes qui ne sont pas de première fraîcheur. Les chiffres les plus élevés se rencontrent souvent en été dans les laiteries mettant en œuvre de la matière première d'excellente qualité, travaillant avec beaucoup de soins d'asepsie. Entre ces deux extrêmes, il peut se rencontrer une multitude de cas.

Par contre, lorsqu'on réunit méthodiquement et régulièrement sur des fiches quelques données essentielles d'appréciation du beurre, que la laiterie pratique un travail bien régulier et qu'on peut voir ainsi l'étiage moyen

TABLEAU V

Valeurs du T.B.A. des beurres du Nord du pays en fonction de la catalase, de l'A.N.P. et des résultats du test du nitroprussiate
(beurres à teneur en Fer < 750 γ /Kg.)

A.N.P.	Nitroprussiate		Catalase		
			≤ 1	1 - 4	≥ 4
1 - 2	< 1	Moyenne	[301]	[250]	[204]
		Résultats			
		> 300	38.7 %	26.1 %	16.6 %
		> 200	70.0 %	57.9 %	50.0 %
	1 - 2	Moyenne	[321]	[269]	[217]
		> 300	51.1 %	30.8 %	18.p %
		> 200	86.0 %	64.8 %	47.3 %
	> 2	Moyenne	[341]	[308]	292
		> 300	60.6 %	51.5 %	35.7 %
		> 200	87.8 %	78.7 %	57.1 %
3 - 4	< 1	Moyenne	[198]	[181]	[179]
		> 300	14.2 %	14.1 %	4.6 %
		> 200	42.8 %	33.3 %	34.3 %
	1 - 2	Moyenne	285	[213]	[188]
		> 300	40.0 %	25.9 %	11.1 %
		> 200	70.0 %	37.0 %	37.0 %
	> 2	Moyenne	344	286	272
		> 300	71.4 %	28.5 %	16.6 %
		> 200	85.7 %	57.1 %	50.0 %
5 - 6	< 1	Moyenne	(127)	163	[115]
	1 - 2	Moyenne	—	147	203
	> 2	Moyenne	—	(243)	—

Légende.

[] Au moins 20 résultats.

— Au moins 10 résultats.

() Moins de 5 résultats.

TABLEAU VI

LAITERIE	DATE	COTATION	A.N.P.	T.B.A.	CATALASE	pH	NITRO-PRUS
B	13/2	30 brûlé-impur	3-4	164	2.6	—	2
	11/4	31 <i>lég. graiss.</i>	1	425	2.7	4.75	0
	12/4	35	1	494	0	4.60	0
	26/4	35	3	174	0	4.60	0-1
	25/6	37	1-2*	389	3.5	4.60	2
H	28/2	30 Impur-caséux	2	170	2.5	4.60	0
	23/4	38	1	190	1.6	4.65	1
	19/6	35	1	245	10.9	4.60	0
	31/7	32 <i>Oxydé</i> -impur	4	447	17	4.75	0
	10/8	35	1-2*	264	7	4.60	0
	16/8	29 Impur-caséux	1	459	19.5	4.80	0
	20/8	28 <i>Graisseux-oxydé</i>	1	<i>415</i>	9.5	4.75	0
A	13/2	32 Caséux-suif	2-3	120	9	—	0
	23/3	29 <i>Graisseux-sûr</i>	1	216	12.1	4.45	0
	11/4	35	1	159	4.8	4.75	0
	13/6	32 <i>Graisseux</i>	1	433	5.7	4.5	0
	25/7	35	6	72	2.5	4.85	1-2
	26/9	37	2	112	12.5	4.35	0-1
P	25/6	35	1	363	4	4.7	0-1
	25/7	35	2-3*	242	2.5	4.75	2-3
	16/8	30 Acide	1	185	16.5	4.5	0-1
	26/9	37	1	205	8	4.5	0-1
	30/10	33 <i>Oxydé</i>	1-2	358	12	4.7	3-4
H	21/2	27 Fourrage	3-4*	169	9.1	—	1
	14/3	28 Caséux	3-4	134	8.3	4.65	1-2
	12/4	32 <i>Oxydé</i>	2	231	0.6	4.85	1
	13/6	29 Goût impur-Rance	2-3*	156	2.7	4.8	2
	27/7	29 Levure-impur	5	181	0.5	4.95	0
	10/8	27 Caséux	3-4	201	1	—	1
Ar	28/2	33 <i>Caséux-grais</i>	1	737	1.3	4.5	2-3
	23/3	35	1	787	0.8	4.5	1-2
	26/4	35	3	476	0.7	4.75	1
	14/6	35	1-2*	509	1.1	4.7	1
	25/7	37	2-3*	495	1	4.9	2-3
Er	23/2	30 Impur	3	73	11	—	0
	19/3	35	5	107	13.7	4.4	0
	19/4	28 Impur-Levure	2	107	10.1	4.3	1
	25/6	27 <i>Levure-grais-cas.</i>	3-4*	128	2.3	4.5	0
	31/7	24 Impur	5-6*	99	15.7	4.6	0
	14/8	29 Impur-grais.-oxyd.	1	137	14	4.7	0-1

* Le chiffre en italique indique la tendance prédominante.

du T. B. A. dans le beurre en question, on constate facilement qu'une montée quelque peu marquée de cet indice correspond à un état d'oxydation (Voir fiches tableau VI) et dans un travail systématique de l'espèce l'indice T.B.A. peut donner des indications très utiles.

Évidemment, il ne faut pas se dissimuler qu'à côté de cas assez clairs, comme les cas réunis dans les fiches du tableau VI, il est des cas où la montée du T.B.A. est indiquée à peine ou même pas du tout. Il ne faut d'ailleurs pas perdre de vue que l'appréciation des experts n'est pas toujours non plus infaillible et que lorsqu'ils indiquent plusieurs défauts, c'est que la nature de ceux-ci n'est pas très apparente.

B. — L'indice de peroxyde

Si pour les indices de peroxyde, nous établissons également, comme nous l'avons fait plus haut pour le T.B.A., les valeurs moyennes en fonction du test A.N.P., de la catalase et du pH du beurre pour les beurres de la région Nord du pays dont la teneur en Fer est inférieure à 750 γ /Kg, nous dressons le tableau VII ci-après.

TABLEAU VII

Moyennes des valeurs de l'indice de peroxyde dans les diverses catégories.

A.N.P.	pH	CATALASE		
		≤ 1	1-4	≥ 4.0
1 - 2	< 4.7	0.2026	0.1673	0.1932
	≥ 4.7	0.1838	0.1906	0.1923
3 - 4	> 4.7	0.2044	0.1716	0.1668
	≥ 4.7	0.2193	0.1457	0.1647
5 - 6	> 4.7	0.24	0.12	0.1016
	≥ 4.7		0.1850	0.135

Si, d'autre part, au lieu d'examiner l'influence du pH, nous recherchons celle de la teneur en Fer, nous aboutissons aux constatations figurant dans le tableau VIII.

En rapprochant les données des tableaux VII et VIII des données des tableaux III et IV, nous constatons que les variations observées pour le T.B.A. en fonction de l'A.N.P., de la catalase, de la teneur en Fer, etc. ne se produisent guère aussi régulièrement ici, pour autant même qu'elles se manifestent et que ce soit dans le sens escompté.

Pour apprécier l'état d'oxydation sur le beurre frais, il semble donc que le test du peroxyde fournisse des réactions moins valables que le test T.B.A. et que ces indices de peroxyde soient beaucoup plus difficiles encore à interpréter que les résultats du test T.B.A.

Étudiant la relation entre l'indice de peroxyde des beurres et leurs caractères organoleptiques, R. ALIFAX (9) avait d'ailleurs déjà noté que si cette relation apparaît assez nette dans les cas extrêmes, elle l'est moins pour les beurres de qualité moyenne.

TABLEAU VIII

Moyennes des valeurs de l'indice de peroxyde dans les diverses catégories

A.N.P.	Fer γ/Kg	CATALASE		
		≤ 1	1 - 4	≥ 4.0
1 - 2	< 750	0.2115	0.1824	0.1879
	≥ 750	0.2076	0.1787	0.224
3 - 4	< 750	0.2170	0.1962	0.1499
	≥ 750	0.2025	0.1562	0.175
5 - 6	< 750	0.1616	0.174	0.1188
	≥ 750		0.1566	0.0872

L'APPRÉCIATION DE L'ÉTAT D'OXYDATION DU BEURRE FRAIS PAR DES TESTS DE LABORATOIRE

RÉSUMÉ

Les auteurs cherchent à déduire d'observations en leur possession, les facteurs des grandes variations de l'indice T.B.A. et de l'indice de peroxyde dans le beurre frais.

Ils notent, à cet égard, pour l'indice de T.B.A., l'influence de l'acidité, de la teneur en fer, de la dégradation des crèmes (lipolyse), de la pureté de la flore (catalase), des saisons et peut-être de la teneur en groupes sulfhydriles.

Ils en concluent qu'il est difficile d'interpréter un résultat isolé mais que l'interprétation est possible dans une certaine mesure, dans le cas du T.B.A. du moins, quand on effectue régulièrement un contrôle du beurre.

Ils n'ont pas trouvé les raisons des variations de l'indice de peroxyde.

BIBLIOGRAPHIE

1. TANAKA S., KURIWA K. et IKEGAMI H. (1955). Studies on the estimation of oxidized flavor index in milk and milk products with 2 — Thiobarbituric acid (T.B.A.) reagent. I Adaptation of T.B.A. method to the estimation of oxidized flavor in milk and whole milk powder, *The Japanese Journal of Zootechnical Science*, Vol. 26, 2 june.
2. DUNKLEY W. L. and JENNINGS W. G. (1951). A procedure for application of the thiobarbituric acid test to milk, *J. of Dairy Sc.*, XXXIV, p. 1064.
3. PIRAUX E. et ANTOINE A. (1949). La corrélation entre l'aptitude à la caséolyse et l'aptitude à la lipolyse chez les espèces microbiennes rencontrées dans la flore de nos beurres belges, *XII^e Congrès International laiterie Stockholm*, V 2, Sion II, p. 580
4. ARMSTRONG T. V. and HARPER W. J. (1952). The alpha-Naphtolphtalein (A. N. P.) method for measuring fat hydrolysis I Application to butter. II Application to cream, *J. of Dairy Sc.*, XXXV, p. 59-64 et 342-349.
5. LOFTUS-HILLS G., SHARP L. R. and BELLAIR T. S. (1934). A study of factors influencing the keeping quality of some Victorian salted butters in cold storage, *J. of Dairy Res.*, 5, 2, p. 128.
6. McDOWELL A. K. R. (1947). The estimation of copper and iron in cream, butter and dry butterfat, *J. of Dairy Res.*, 15, p. 70.
7. JOSEPHSON D. V. and DOAN F. J. (1939). Observations on cooked flavor in milk : its sources and significance, *Milk Dealer*, 29, 35-41.
8. PATTON S. and JOSEPHSON D. V. (1949). Observations on the application of the nitroprusside test to heated milk, *J. of Dairy Sc.*, XXXII, 398.
9. ALIFAX R. (1957). Relation entre l'indice de peroxyde des beurres et leurs caractères organoleptiques, *La Technique laitière*, n° 235, p. 9.

DE VASTSTELLING VAN DE OXIDATIEGEBREKEN VAN VERSE BOTER DOOR LABORATORIUM TESTS

SAMENVATTING

De schrijvers trachten uit waarnemingen in hun bezit, gevolg te trekken aangaande de factoren van de grote variaties van de uitslagen van de T.B.A. test en van het peroxide getal, in verse boter.

Wat deze factoren betreft, nopens de T.B.A. test, stellen zij de invloed van de zuurheidsgraad, van het bederven van de room (vetsplitsing), van de reinheid van de microbiologische flora (Katalasescijfer), van het gehalte aan ijzer, van de jaargetijden en misschien ook van het gehalte aan SH groepen.

Zij besluiten dat het moeilijk is op een afgezonderde uitslag een oordeel te brengen, maar dat dit mogelijk is binnen zekere grenzen, ten minste betreffende de T.B.A. test, in geval men een regelmatig controle op de boter uitvoert.

Zij hebben de oorzaken van de variaties van het peroxide getal niet gevonden.

ESTIMATION OF THE OXIDATION DEFECTS OF FRESH BUTTER BY LABORATORIUM TESTS

SUMMARY

The authors attempt to draw from observations they have made, the reasons for which the results of the T.B.A.-test and the peroxide value of fresh butter undergo so large variations.

Concerning the T.B.A. test, they mention in connection with these variations, the influence of the acidity, of the iron content, of the deterioration of the creams (fat hydrolysis), of the purity of the microflora (catalase), of the seasons and perhaps of the results of the nitroprusside test.

They conclude that it is difficult to estimate an isolated result but that it is possible, to a certain extent, at least in the case of the T.B.A. test, to give some appreciation when a regular control of the butter is made.

They have not found the reasons of the variations of the peroxide value.

BESTIMMUNG DER OXYDATIONSFEHLER DER FRISCHBUTTER MIT LABORATORIUMPROBEN

ZUSAMMENFASSUNG

Die Autoren versuchen aus Ergebnisse ihrer Beobachtungen, die Faktoren ab zu ziehen welche die grosse Veränderungen der Ergebnisse der T.B.A.-Reaktion und der Peroxydzahl in der Butter beeinflussen.

In dieser Beziehung, was die T.B.A. Zahl angeht, stellen sie den Einfluss des Säuregrades, des Eisengehaltes, der Verschlechterung des Rahmes (Fettspaltung), der Reinheit der Mikroflora (Katalasezahl), der Jahreszeiten und vielleicht der Ergebnisse der Nitroprussiatprobe fest.

Sie schliessen dass es schwer ist auf ein abgesondert Ergebniss ein Urteil zu bringen, aber dass es möglich ist, bis zu einem gewissen Punkt, wenigstens im Falle der T.B.A. Probe, wenn ein regelmässige Kontrolle auf die Butter ausgeübt wird.

Sie haben die Ursachen der Veränderungen der Peroxydzahl nicht gefunden.

Observations météorologiques de l'année 1958 (*)

(Poste climatologique de Gembloux)

par G. DEMORTIER

Les relevés de 1958 sont présentés sous forme de tableaux afin de fournir le maximum de renseignements sur le minimum de pages. Dans le but de diminuer le volume de cet article, il n'est fait aucun commentaire ni dressé aucun graphique.

Nous signalons que l'ordre de succession des facteurs météorologiques dans les tableaux des pages suivantes n'est pas logique : cet ordre a été établi afin de permettre à l'éditeur d'imprimer les différents tableaux sur deux pages en regard et d'éviter des espaces laissés en blanc.

Les observations météorologiques sont les suivantes :

1^{er} tableau : a) la radiation solaire — b) l'eau ;

2^{me} tableau : la température : a) sous abri — b) sur le sol ;

3^{me} tableau : la température dans le sol ;

4^{me} tableau : les valeurs extrêmes ou caractéristiques.

Pour chacun des facteurs examinés sont donnés les totaux :

— par décades ;

— par mois ;

— par saisons et pour l'année.

Les séries d'observations journalières ont été exécutées aux heures suivantes :

I : 7 heures (G. M. T.)

II : 13 heures (G. M. T.)

III : 18 heures (G. M. T.)

par MM. BAUVIN R. et GLIBERT L., préparateurs-techniciens.

A la fin de cet article, se trouvent quelques renseignements phénologiques (observations effectuées par M. L. GLIBERT).

(*) Déposé à la rédaction le 31 mars 1959.

RADIATION SOLAIRE										L'EAU				Humidité relative				
Heures d'insolation										Précipitations				Évapo- ration PICHE (cm ³)	I	II	III	Moyen.
Calories gr/cm ² /min totalisées	Heures possi- bles	Gembloux		Uccle		Haut. obs. (mm)	Moyen. normal. (mm)	Nomb. de Jours	Jours de neige									
		Obs.	%	Obs.	%													
Mois et Saisons	573,5	81	29,3	36,1	14	17,3	24,0	—	4	0	95,1	79,4	92,7	89,1				
	277,4	79	2,5	3,2	13	16,4	9,6	—	7	1	91,3	89,9	94,0	91,7				
	400,0	87	15,4	17,7	15	17,2	6,9	—	7	0	92,4	85,4	93,2	90,4				
	1250,9	247	47,2	19,1	42	17,0	40,5	80,0	18	1	92,9	84,9	92,3	90,4				
Décemb. 1957	362,6	81	7,3	9,0	16	19,7	53,7	—	8	0	91,6	85,8	87,9	88,4				
	273,4	84	0,3	0,4	17	20,2	19,1	—	10	2	96,3	94,1	94,9	95,1				
	1017,0	98	38,0	38,8	20	20,4	12,5	—	6	3	92,2	78,2	83,4	84,6				
	1653,0	263	45,6	17,3	53	20,2	85,3	64,0	24	5	93,3	85,8	88,5	98,2				
Janvier 1958	1000,2	94	22,9	24,4	27	27,7	24,6	—	8	2	95,2	79,3	90,0	88,2				
	835,4	100	25,5	25,5	29	29,9	24,6	—	10	3	88,5	75,9	81,4	81,9				
	719,5	85	12,3	14,5	25	29,4	60,3	—	7	5	93,1	85,9	86,4	88,4				
	2987,4	279	60,7	21,7	81	29,0	109,5	51,0	25	10	92,2	80,0	86,0	86,0				
Février	5891,3	789	153,5	19,5	176	22,3	235,3	—	67	16	92,8	83,6	88,9	88,5				
	1298,4	112	23,0	20,5	37	32,7	13,0	—	5	3	94,1	81,4	86,5	87,3				
	2677,2	118	51,1	43,3	39	32,9	6,1	—	3	3	93,9	63,1	76,2	77,7				
	3396,0	137	61,0	44,5	45	33,2	12,8	—	2	0	83,9	50,4	71,5	68,6				
Mars	7371,6	366	135,1	36,9	121	33,0	31,9	55,0	10	6	90,4	64,5	77,9	77,6				
	1466,2	131	30,0	22,9	51	38,9	14,4	—	6	2	88,5	69,3	78,7	78,8				
	3505,3	137	68,1	49,7	53	39,0	10,7	—	5	1	89,0	53,6	62,3	68,3				
	3690,8	144	66,3	46,0	56	39,2	32,8	—	5	0	85,0	58,8	69,5	71,1				
Avril	8662,3	412	164,4	39,9	161	39,0	57,9	61,0	16	3	87,5	60,6	70,2	72,7				
	3962,1	149	70,7	47,4	67	45,0	27,4	—	6	0	81,2	56,9	79,6	72,6				
	3359,8	154	51,5	33,4	69	44,8	16,3	—	5	0	85,2	68,1	72,7	75,3				
	4317,9	175	75,6	43,2	81	46,2	27,8	—	6	0	79,5	61,4	75,1	72,0				
Mai	11639,8	478	197,8	41,4	217	45,3	71,5	63,0	17	0	81,9	62,1	75,8	73,3				
	27673,7	1256	497,3	39,4	499	39,7	161,3	179,0	43	9	86,6	62,4	74,6	74,5				
	33565,0	2045	650,8	29,4	675	31,0	396,6	374,0	110	25	89,7	73,0	81,7	81,5				
	Printemps																	
Semestre																		

Juin	1-10	4902,9	162	92,7	57,2	66	40,7	7,4	—	3	0	43,2	81,4	54,7	70,7	68,9
	11-20	4322,3	164	72,6	44,3	66	40,2	24,9	—	4	0	32,4	79,7	61,3	70,4	70,4
	21-30	3264,0	165	44,9	27,2	68	41,2	43,7	—	7	0	25,8	85,4	69,5	81,2	78,7
	Mois	12489,2	491	210,2	42,8	200	40,7	76,0	67,0	14	0	101,4	82,2	61,9	74,0	72,7
Juillet	1-10	4428,3	162	69,4	42,8	67	41,8	11,7	—	3	0	24,9	84,8	64,4	72,9	74,0
	11-20	3883,5	160	81,2	50,7	67	41,5	47,0	—	5	0	35,6	83,7	58,3	74,7	72,2
	21-31	3679,6	171	60,8	35,5	71	41,5	19,8	—	6	0	44,3	84,6	64,4	71,8	73,6
	Mois	11991,4	493	211,4	42,9	205	41,6	78,5	81,0	14	0	104,8	84,4	62,4	73,1	73,2
Août	1-10	2846,8	151	51,7	34,2	68	45,0	26,7	—	7	0	27,9	86,4	67,4	82,9	78,9
	11-20	2923,2	145	47,1	32,5	65	44,8	52,0	—	8	0	26,1	90,0	74,2	79,1	81,1
	21-31	3119,6	153	61,6	40,3	68	44,4	15,3	—	5	0	30,7	90,3	69,4	78,5	79,4
	Mois	8889,6	449	160,4	35,7	201	44,7	94,0	77,0	20	0	84,7	88,9	70,3	80,1	79,8
Été		33370,2	1433	582,0	40,5	606	42,2	248,5	225,0	48	0	290,9	85,2	64,9	75,7	75,2
Septem.	1-10	3501,9	131	70,5	53,8	56	42,7	0,4	—	1	0	37,5	88,3	57,1	70,8	72,1
	11-20	2604,0	126	46,9	37,2	54	42,8	2,5	—	2	0	23,5	93,0	63,1	80,4	78,8
	21-30	2358,8	121	40,7	33,6	52	42,9	56,4	—	7	0	28,8	89,8	71,8	84,2	82,9
	Mois	8464,7	378	158,1	41,8	162	42,8	59,3	66,0	10	0	89,8	90,4	65,0	78,5	77,9
Octobr.	1-10	1913,0	114	42,0	36,8	38	33,6	15,9	—	7	0	30,8	89,7	67,0	86,6	81,1
	11-20	1626,7	107	32,9	30,7	36	33,6	48,3	—	8	0	16,5	92,0	72,7	86,6	83,8
	21-31	320,1	111	22,2	20,0	39	33,7	14,2	—	8	0	6,9	96,4	90,1	97,8	94,7
	Mois	4459,8	332	97,1	29,2	113	33,6	78,4	78,0	23	0	54,2	92,8	77,0	90,6	86,8
Novemb.	1-10	677,5	95	13,5	14,2	21	23,1	49,7	—	8	2	8,7	92,4	85,2	93,8	90,5
	11-20	513,5	89	16,1	18,1	20	23,6	3,8	—	6	0	—	96,4	90,0	95,0	93,8
	21-30	131,9	85	0,4	0,4	19	23,5	1,0	—	3	0	—	94,3	89,7	93,8	92,6
	Mois	1325,9	269	30,0	11,1	62	23,4	54,5	73,0	17	2	—	94,4	88,3	94,2	92,3
Automne		14250,4	979	285,2	27,4	337	34,5	192,2	217,0	50	2	—	92,5	76,8	87,8	85,7
Semestre		47620,6	2412	867,2	33,9	943	37,0	440,7	442,0	98	2	—	88,8	70,8	81,7	80,4
Année		81185,6	4457	1518,0	13,6	1618	34,0	837,3	816,0	208	27	—	89,2	71,9	81,7	80,9

LA TEMPÉRATURE

SOUS-ABRI

SUR LE SOL

1957-1958

Mois
et
Saisons

Mois et Saisons	Maxima = M		Minima = m		$\frac{M+m}{2}$	M—m	T° à l'Heure G.M.T.		
	Obs.	Moy.	Obs.	Moy.			7 H. I	13 H. II	18 H. III
Decém. 1957	1-10	5,5	—	—	1,6	7,9	4,6	4,0	1,9
	11-20	2,3	—	—	0,4	3,9	0,3	1,7	1,2
	21-31	6,8	—	—	4,2	5,1	3,9	6,2	4,7
	Mois	4,9	5,8	0,4	3,1	5,6	1,6	4,1	2,7
Janvier 1958	1-10	6,0	—	—	3,4	5,2	3,2	4,5	4,3
	11-20	4,0	—	—	1,8	3,6	1,6	2,3	1,8
	21-31	4,3	—	—	1,2	6,2	0,9	4,4	2,6
	Mois	4,7	5,1	-0,3	2,3	5,2	1,9	3,7	2,9
Février	1-10	6,0	—	—	2,1	7,7	1,9	5,4	4,0
	11-20	10,1	—	—	7,2	5,8	6,4	8,4	7,7
	21-28	5,5	—	—	1,6	7,7	8,4	3,7	3,0
	Mois	7,3	5,9	-0,4	3,8	9,0	3,2	6,0	5,0
Hiver		5,6	5,6	-0,3	2,7	5,9	2,2	4,6	3,5
	1-10	4,1	—	—	1,3	6,2	0,4	3,4	2,6
	11-20	3,1	—	—	-0,5	7,8	-2,1	2,7	1,1
	21-31	10,2	—	—	5,4	9,5	3,3	10,4	7,6
Mars	Mois	6,1	9,3	1,4	5,3	7,8	0,5	5,7	3,9
	1-10	7,9	—	—	3,7	8,3	2,4	6,1	5,2
	11-20	9,5	—	—	5,0	8,9	3,0	9,6	8,6
	21-30	13,6	—	—	8,7	9,7	7,7	12,7	11,6
Avril	Mois	10,3	12,6	1,3	5,8	9,0	4,3	9,4	8,4
	1-10	18,6	—	—	13,6	10,0	12,5	17,4	15,1
	11-20	15,6	—	—	11,7	7,8	10,6	14,7	13,4
	21-31	17,3	—	—	12,3	9,9	12,0	15,4	14,2
Mai	Mois	17,2	18,3	7,2	12,7	9,3	11,7	15,9	14,3
	Printemps	11,2	13,4	2,5	8,7	8,7	5,5	10,3	8,9
	Semestre	8,4	9,6	1,1	5,7	7,3	3,8	7,4	6,2

6,3

Juin	1-10	20,8	—	10,5	—	15,6	10,3	14,1	19,9	16,6	41,2	8,9	24,7	34,3	11,8	23,0
	11-20	19,6	—	7,8	—	13,7	11,8	13,3	18,5	17,3	39,2	6,1	22,6	33,4	9,5	21,4
	21-30	16,8	—	9,7	—	13,2	7,1	12,6	16,5	14,8	30,3	9,5	19,9	24,9	10,4	17,6
	Mois	19,1	20,7	9,3	9,9	14,2	9,8	13,3	18,3	16,2	36,9	8,2	22,5	30,9	10,6	20,7
Juillet	1-10	21,2	—	11,3	—	16,2	9,9	15,7	20,2	18,9	36,5	9,9	23,2	32,9	15,7	24,3
	11-20	22,9	—	12,2	—	17,5	10,7	16,5	21,6	19,8	35,9	10,8	23,3	33,5	10,5	22,0
	21-31	19,9	—	8,3	—	14,1	11,6	14,1	18,9	17,1	34,1	11,1	22,6	29,3	12,3	20,8
	Mois	21,3	22,5	11,7	11,6	16,5	9,6	15,5	20,2	18,5	35,5	10,6	23,0	31,9	12,8	22,3
Août	1-10	20,2	—	11,8	—	16,0	8,4	14,8	19,7	17,5	31,2	10,8	21,0	28,8	12,5	20,6
	11-20	21,7	—	14,4	—	18,0	7,3	16,4	20,0	18,7	33,0	13,5	23,2	29,2	15,1	22,1
	21-31	21,2	—	13,0	—	17,1	8,2	15,3	20,1	18,7	36,8	11,6	24,2	32,7	13,3	23,0
	Mois	21,0	21,9	13,1	11,5	17,0	7,9	15,5	20,0	18,3	33,7	12,0	22,8	30,2	13,6	21,9
Été		20,5	21,7	11,4	11,0	15,9	9,1	14,8	19,5	17,7	35,4	10,3	22,8	31,0	12,3	21,6
Septem.	1-10	23,9	—	13,6	—	18,7	10,3	16,2	23,2	19,7	33,8	11,2	22,5	33,2	13,6	23,4
	11-20	20,4	—	9,8	—	15,1	10,6	12,7	19,4	16,9	31,1	7,5	19,4	30,0	10,5	20,2
	21-30	17,6	—	9,7	—	13,6	7,9	11,9	16,1	14,8	28,3	8,0	18,1	23,6	9,4	16,5
	Mois	20,6	19,3	11,0	8,9	15,8	9,6	13,6	19,6	17,1	31,2	8,9	20,0	28,9	11,2	20,0
Octobr.	1-10	15,8	—	9,2	—	12,5	6,6	11,0	15,6	13,6	26,3	8,8	17,5	19,7	8,7	14,2
	11-20	13,1	—	7,2	—	10,1	5,9	9,4	11,7	10,1	21,4	6,8	14,1	16,8	7,0	11,9
	21-31	11,4	—	5,1	—	8,2	6,3	7,2	10,4	8,4	17,7	4,8	11,2	16,1	6,3	11,2
	Mois	15,4	14,1	7,1	6,1	10,2	6,3	9,1	12,5	10,6	21,8	6,7	14,2	17,5	7,3	12,4
Novemb.	1-10	10,3	—	4,8	—	7,5	5,5	6,4	9,1	8,1	14,7	3,1	9,0	12,3	4,1	8,2
	11-20	6,6	—	0,8	—	3,7	3,8	2,6	5,8	4,4	10,5	0,3	5,1	8,2	1,4	4,8
	21-30	3,9	—	0,8	—	2,3	3,1	2,6	3,3	3,0	6,7	1,2	3,9	5,1	1,4	3,2
	Mois	6,9	8,2	2,1	1,8	4,5	4,8	3,8	6,1	5,2	10,6	1,6	6,1	8,5	2,3	5,4
Automne		13,6	13,9	6,7	5,6	10,1	6,9	8,8	12,7	11,0	21,2	5,7	13,4	18,3	6,9	12,6
Semestre		17,0	17,8	9,0	8,3	13,0	8,0	11,8	16,1	14,3	28,3	8,0	18,1	24,6	9,6	17,1
Année		12,7	13,6	5,0	5,2	8,8	7,7	7,8	11,7	10,2	23,2	3,7	13,4	17,9	5,4	11,6

TEMPÉRATURES DANS LE SOL OBSERVÉES AUX TROIS HEURES G.M.T. (7H.; 13H.; 18H.)

Mois et Saisons	A 5 cm.			A 10 cm.			A 20 cm.			A 30 cm.			A 50 cm.			A 100 cm.		
	7 H.	13 H.	18 H.	7 H.	13 H.	18 H.	7 H.	13 H.	18 H.	7 H.	13 H.	18 H.	7 H.	13 H.	18 H.	7 H.	13 H.	18 H.
	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-31
Décembre 1957	1,1	3,3	1,5	1,5	1,9	1,4	1,7	2,0	1,8	2,7	2,8	2,8	4,7	4,5	4,7	7,3	7,2	7,2
	0,8	2,0	1,9	1,1	1,4	1,7	1,4	1,5	1,7	2,4	2,3	2,4	3,9	3,8	3,7	6,3	6,2	6,2
	3,2	5,9	3,6	3,1	4,8	4,1	3,1	4,2	4,1	3,6	3,9	4,3	4,5	4,4	4,5	5,9	5,9	5,9
Mois	1,8	3,8	2,1	1,9	2,8	2,5	2,1	2,6	2,6	2,9	3,0	3,2	4,3	4,3	4,3	6,5	6,4	6,4
1-10	2,9	3,8	3,7	3,1	3,5	3,5	3,3	3,6	3,7	3,7	3,8	4,0	4,5	4,5	4,5	5,9	5,8	5,8
11-20	2,1	3,4	2,5	2,2	3,0	2,8	2,6	3,0	2,9	3,1	3,2	3,3	4,1	4,1	4,1	5,6	5,6	5,6
21-31	1,5	4,1	2,1	1,5	2,7	2,5	1,8	2,3	2,6	2,3	2,3	2,5	3,2	3,1	3,3	4,9	4,9	4,9
Mois	2,1	3,9	2,8	2,2	3,1	2,9	2,5	3,0	3,1	3,0	3,1	3,2	3,9	3,9	4,0	5,1	5,4	5,4
1-10	2,1	5,9	3,8	2,2	4,0	3,9	2,5	3,3	3,7	2,9	3,1	3,5	3,7	3,6	3,5	4,8	4,8	4,9
11-20	5,8	8,8	7,1	6,0	7,5	6,9	6,2	6,9	7,2	6,4	6,7	6,9	6,4	6,4	6,4	6,0	6,2	6,2
21-28	2,6	4,8	4,1	3,0	3,9	4,3	3,5	3,9	4,2	4,1	4,1	4,3	4,9	4,9	4,9	6,0	5,9	5,9
Mois	3,6	6,6	5,1	3,8	5,2	5,1	4,1	4,8	5,1	4,5	4,7	4,9	5,0	5,0	4,9	5,6	5,6	5,6
Hiver	2,5	4,8	3,1	2,6	3,7	3,5	2,9	3,5	3,6	3,5	3,6	3,8	4,4	4,4	4,4	5,8	5,8	5,8
1-10	2,0	5,6	3,7	2,2	4,2	4,1	2,6	3,7	4,0	3,2	3,5	4,0	4,2	4,2	4,7	5,4	5,4	5,4
11-20	-0,1	6,2	1,9	0,6	2,7	2,6	1,1	1,8	2,6	1,9	2,1	2,6	3,2	3,2	3,0	4,8	4,8	4,8
21-31	4,4	13,1	7,5	4,0	8,9	8,3	4,4	7,2	7,9	5,0	5,8	7,0	5,0	5,0	5,1	4,9	4,9	5,1
Mois	2,2	8,1	4,1	2,3	5,1	5,1	2,8	4,3	4,9	3,4	3,9	4,6	4,1	4,1	4,0	5,0	5,0	5,1
1-10	3,8	9,1	5,8	3,7	8,1	6,6	4,4	6,8	6,7	5,6	6,2	6,5	6,7	6,5	6,5	6,6	6,6	6,7
11-20	4,5	13,7	7,6	4,1	11,1	9,1	4,7	8,8	8,7	5,7	7,0	7,8	6,4	6,4	6,5	6,1	6,4	6,4
21-30	8,7	17,7	12,5	7,7	14,5	12,1	8,1	12,1	12,1	9,0	10,3	11,0	9,1	9,0	9,1	7,8	7,8	7,9
Mois	5,7	13,6	8,7	5,2	11,2	9,2	5,7	9,2	9,1	6,7	7,8	8,1	7,4	7,3	7,4	6,9	6,9	7,0
1-10	13,7	22,6	16,3	12,7	19,4	17,6	12,8	17,0	17,2	13,3	14,8	15,7	12,5	12,6	12,6	9,8	9,9	10,0
11-20	12,4	20,1	15,1	11,7	17,3	15,8	12,0	15,5	15,4	12,9	14,1	14,8	13,1	13,0	13,0	11,3	11,4	11,4
21-31	14,4	22,6	18,2	13,2	19,0	18,9	13,2	17,0	18,0	14,0	15,0	16,6	14,0	13,9	14,0	12,0	12,2	12,3
Mois	13,5	21,8	16,6	12,6	18,6	17,5	12,7	16,5	16,9	13,4	14,6	15,7	13,2	13,2	13,2	11,1	11,2	11,2
Printemps	7,1	14,6	9,9	6,7	11,7	10,6	7,1	10,0	10,3	7,8	8,8	9,6	8,2	8,2	8,2	7,7	7,7	7,8
Semestre	4,8	9,7	6,6	4,6	7,7	7,0	5,0	6,7	6,9	5,6	6,2	6,7	6,3	6,3	6,3	6,7	6,7	6,8

Juin	1-10	17,2	28,7	21,4	16,4	25,4	22,8	16,6	22,1	22,3	17,5	20,4	20,6	17,0	17,0	13,7	13,8	14,0
	11-20	16,7	25,8	21,0	15,6	23,4	22,0	16,0	21,0	21,6	16,9	18,7	20,3	17,7	17,4	15,0	15,0	15,0
	21-30	14,3	19,7	16,7	13,7	18,8	17,9	14,0	17,4	17,6	14,9	16,4	17,1	15,7	15,6	14,7	14,8	14,9
	Mois	16,1	24,7	19,7	15,2	22,6	20,9	15,5	20,2	20,5	16,4	18,5	19,3	16,8	16,6	14,5	14,5	14,6
Juillet	1-10	18,7	27,6	23,1	17,5	24,4	24,4	17,5	21,9	23,1	18,2	19,4	19,9	18,1	17,8	15,4	15,4	15,5
	11-20	18,6	26,6	23,0	17,6	24,1	23,2	18,0	22,0	23,2	19,3	17,9	20,3	19,3	19,1	16,9	17,0	17,0
	21-31	15,6	23,4	19,5	15,7	21,2	20,5	16,3	19,4	20,3	17,9	17,7	18,8	18,1	17,9	16,7	16,8	16,8
	Mois	17,5	25,8	21,8	16,9	23,2	22,6	17,2	21,0	22,2	18,4	18,3	19,7	18,5	18,2	16,3	16,4	16,4
Août	1-10	16,7	23,5	19,9	16,1	21,4	20,3	16,3	19,8	20,2	17,6	17,9	18,7	17,9	17,7	16,5	16,7	16,6
	11-20	17,5	22,7	20,0	17,2	21,5	20,7	17,4	20,3	20,2	18,4	18,5	19,1	18,4	18,4	16,7	16,7	16,6
	21-31	16,4	24,4	20,2	16,1	21,6	20,9	16,4	19,9	20,5	17,6	18,0	19,7	17,7	17,6	16,5	16,6	16,6
	Mois	16,8	23,5	20,0	16,5	21,5	20,7	16,7	20,0	20,3	17,9	18,1	19,2	18,0	17,9	16,6	16,7	16,6
Été		16,8	24,7	20,5	16,2	22,4	21,4	16,5	20,4	21,0	17,6	18,3	19,4	17,8	17,6	15,8	15,9	15,9
Septem.	1-10	17,8	30,2	21,5	17,4	25,1	22,5	17,8	22,6	22,4	19,6	19,5	20,8	19,4	19,3	17,5	17,6	17,6
	11-20	14,5	21,3	19,6	14,8	20,4	19,5	15,3	18,6	19,5	17,1	17,2	18,2	17,8	17,6	17,7	17,1	17,0
	21-30	11,9	16,7	15,3	12,7	16,0	15,9	14,0	15,2	15,7	14,8	15,0	15,3	15,5	15,6	15,4	15,8	15,9
	Mois	14,7	22,7	18,7	15,0	20,5	19,3	15,7	18,8	19,2	17,2	17,2	18,1	17,6	17,5	16,8	16,8	16,8
Octobr.	1-10	11,5	15,5	13,4	12,1	15,0	13,9	13,0	13,9	13,9	13,6	13,5	12,5	14,2	14,1	14,7	14,7	14,9
	11-20	10,1	13,4	11,2	10,6	12,7	11,9	11,6	12,2	12,5	12,2	12,4	12,5	13,1	13,1	13,0	13,5	14,0
	21-31	9,6	11,8	10,3	9,3	11,1	10,8	10,3	10,7	10,9	10,7	10,6	11,3	11,5	11,3	12,6	12,2	12,4
	Mois	10,4	13,5	11,6	10,6	12,9	12,1	11,6	12,2	12,4	12,1	12,1	12,1	12,9	12,8	12,8	13,7	13,7
Novemb.	1-10	6,9	9,5	8,6	7,5	9,1	8,9	8,2	8,8	9,2	9,0	8,9	9,2	9,6	9,8	11,2	11,3	11,4
	11-20	4,3	6,9	5,6	5,0	6,4	6,2	6,0	6,3	6,6	6,9	6,7	6,9	7,9	7,8	10,0	10,0	10,1
	21-30	3,6	4,8	4,3	4,2	4,9	4,7	5,0	5,1	5,3	5,6	5,6	5,6	6,6	6,5	8,9	8,8	8,9
	Mois	4,9	7,1	4,7	5,6	5,8	6,6	6,4	6,7	7,0	7,1	7,0	7,2	8,1	8,0	10,1	10,0	10,1
Automne		10,0	14,4	11,7	10,4	13,4	12,7	11,2	12,6	12,9	12,1	12,1	12,5	12,9	12,8	12,7	13,5	13,5
Semestre		13,4	19,5	16,1	13,3	17,9	17,0	13,8	16,5	16,9	14,8	15,2	15,9	15,3	15,2	14,6	14,7	14,7
Année		9,1	14,6	11,3	8,9	12,8	12,0	9,4	11,6	11,9	10,2	10,7	11,3	10,8	10,7	10,6	10,7	10,7

ANNÉE 1958

PHÉNOLOGIE — GEMBLoux

DATES DE FLORAISONS	NOM DES PLANTES
6.I	<i>Bellis perennis</i> (début de floraison)
9.I	<i>Hamamelis japonica</i>
14.I	<i>Corylus avellana</i>
30.I	<i>Crocus botaniques</i>
1.II	<i>Crocus aureus</i>
1.II	<i>Jasminum nudiflorum</i>
12.II	<i>Galanthus nivalis</i>
15.II	<i>Daphne mezereum</i>
15.II	<i>Cornus mas</i>
16.II	<i>Tussilago farfara</i>
27.III	<i>Chionodoxa luciliae</i>
28.III	<i>Primula juliae</i>
28.III	<i>Bellis perennis</i> (pleine floraison)
28.III	<i>Salix caprea</i>
31.III	<i>Narcissus pseudo-narcissus</i>
31.III	<i>Primula veris</i>
31.III	<i>Anemone nemorosa</i>
31.III	<i>Stellaria media</i>
1.IV	<i>Ribes sanguineum</i>
11.IV	<i>Buxus sempervirens</i>
14.IV	<i>Prunus spinosa</i>
14.IV	<i>Ficaria ranunculoïdes</i>
15.IV	<i>Mahonia aquifolium</i>
18.IV	<i>Cerasus avium</i>
21.IV	<i>Magnolia stellata</i>
21.IV	<i>Taraxacum dens-leonis</i>
22.IV	<i>Doronicum caucasicum</i>
22.IV	<i>Lamium purpureum</i>
28.IV	<i>Capsella bursa-pastoris</i>
28.IV	<i>Glechoma hederaceum</i>
28.IV	<i>Aubrietia deltoïdea</i>
2.V	<i>Viburnum lantana</i>
3.V	<i>Cerasus japonica</i>
6.V	<i>Ranunculus arvensis</i>
7.V	<i>Plantago lanceolata</i>
8.V	<i>Trollius europaeus</i>

8.V	<i>Iberis sempervirens</i>
8.V	<i>Conium maculatum</i>
9.V	<i>Kerria japonica</i>
9.V	<i>Syringa vulgaris</i>
12.V	<i>Aesculus hippocastanum</i>
12.V	<i>Cytisus laburnum</i>
20.V	<i>Crataegus oxyacantha</i>
23.V	<i>Spiraea vanhouttei</i>
24.V	<i>Medicago lupulina</i>
27.V	<i>Lupinus polyphyllus</i>
28.V	<i>Saponaria ocymoides</i>
28.V	<i>Cerastium tomentosum</i>
31.V	<i>Iris sibirica</i>
4.VI	<i>Leucanthemum maximum</i>
6.VI	<i>Sambucus nigra</i>
9.VI	<i>Geranium sanguineum</i>
10.VI	<i>Robinia pseudoacacia</i>
11.VI	<i>Campanula medium</i>
11.VI	<i>Campanula portenschlagiana</i>
11.VI	<i>Digitalis purpurea</i>
12.VI	<i>Tradescantia virginica</i>
12.VI	<i>Sedum acre</i>
12.VI	<i>Dactylis glomerata</i>
12.VI	<i>Poa pratensis</i>
12.VI	<i>Cornus sanguinea</i>
12.VI	<i>Leontopodium alpinum</i>
18.VI	<i>Lathyrus pratensis</i>
19.VI	<i>Sedum kamtschaticum</i>
19.VI	<i>Convolvulus arvensis</i>
19.VI	<i>Aconitum napellus</i>
24.VI	<i>Lysimachia vulgaris</i>
27.VI	<i>Epilobium spicatum</i>
27.VI	<i>Rosa M^{me} Meilland</i>
28.VI	<i>Sedum reflexum</i>
29.VI	<i>Matricaria chamomilla</i>
30.VI	<i>Achillea millefolium</i>
1.VII	<i>Astilbe japonica</i>
1.VII	<i>Fumaria officinalis</i>
1.VII	<i>Brunella vulgaris</i>
3.VII	<i>Tilia parvifolia</i>
7.VII	<i>Polygonum lapathifolium</i>
7.VII	<i>Symphoricarpos racemosus</i>

8.VII	Malva rotundifolia
8.VII	Epilobium montanum
9.VII	Hypericum perforatum
9.VII	Solidago virga-aurea
14.VII	Phlox paniculata
19.VII	Convolvulus sepium
28.X	Hedera helix

DIVERS

12.II	Végétation Rheum
24.III	Passages de grues du S. au N.

FEUILLAISSON

DATES	NOMS DES PLANTES
10.IV	Crataegus oxyacantha
15.IV	Symphoricarpus racemosus
21.IV	Aesculus hippocastanum
21.IV	Acer platanoïdes
22.IV	Syringa vulgaris
22.IV	Corylus avellana
23.IV	Sorbus aucuparia
24.IV	Salix babylonica
29.IV	Kerria japonica
29.IV	Cornus mas
30.IV	Cerasus japonica
6.V	Populus canadensis
7.V	Tilia parvifolia
8.V	Ginkgo biloba
23.V	Juglans regia
24.V	Fraxinus excelsior

DÉFEUILLAISSON

2.X	Populus italica
24.X	Sorbus aucuparia
2.XI	Tilia parvifolia
3.XI	Aesculus hippocastanum
3.XI	Corylus avellana
4.XI	Ribes nigrum

4.XI	<i>Cerasus avium</i>
4.XI	<i>Crataegus oxyacantha</i>
4.XI	<i>Cytisus laburnum</i>
5.XI	<i>Forsythia vulgaris</i>
6.XI	<i>Acer platanoïdes</i>
7.XI	<i>Quercus sessiliflora</i>
12.XI	<i>Fraxinus excelsior</i>
12.XI	<i>Ginkgo biloba</i>
13.XI	<i>Cerasus japonica</i>
18.XI	<i>Syringa vulgaris</i>
24.XI	<i>Salix babylonica</i>

Pour le 24.XI.1958 : toutes les défeuillaisons sont terminées.

Table générale du Tome XXVI

1958

BALLIGAND, E. — Notes sur l'usinage des bois à la scie à ruban	3-6
BALLIGAND, E. — Tracé expérimental d'une ligne de τ dans le diagramme de Mollier relatif à l'air humide	7-12
BONNIER, Ch. ET BROUWERS, L. — Nodulation, en tubes de verre, de Légumineuses à grosses graines cultivées aseptiquement	317-321
DAGNELIE, P. — Un problème de génétique résolu par le calcul des probabilités	322-325
DAGNELIE, P. — L'ensilage des fanes de pommes de terre. Étude des résultats d'un essai d'alimentation	326-329
DE LEENHEER, L. — Le problème de la structure du sol et ses aspects pratiques	13-65
DEMORTIER, G. — Observations météorologiques de l'année 1957 (Poste climatologique de Gembloux)	305-315
DEMORTIER, G. — Observations météorologiques de l'année 1958 (Poste climatologique de Gembloux)	391-402
GALANTI, M. — Nouvelle technique de chromatographie circulaire	330-334
KIOURTSAKIS, C., NANGNIOT, P. ET MARTENS, P. H. — Détermination polarographique simultanée de l'acide ascorbique et de l'étain dans les jus de fruits	66-82
LEDENT, A. — La consommation des graisses alimentaires et le problème du beurre en Belgique	83-102
MELAMED, N., NANGNIOT, P. ET MARTENS, P. H. — Le comportement polarographique de la nicotine et de la nor nicotine	103-115
MOËS, A. — Les mutations induites par les rayons X chez l'orge distique (<i>Hordeum sativum</i> Jess. subsp. <i>distichum</i>)	335-361
NEURAY, G. ET NISEN, A. — Possibilités d'utilisation des Polyesters stratifiés en construction horticole. Résultat des premiers essais pratiques : comparaison avec divers matériaux à base de verre	116-134
NOIRFALISE A. ET THILL, A. — Les Chênaies de l'Ardenne centrale	362-376
NOULARD, L. — Mutations induites par rayon X chez <i>Triticum aestivum</i> L.	135-150
PÉCROT, A. ET AVRIL, P. — Les Sols Ardennais. II. Étude morphologique et génétique des sols hydromorphes associés aux sols bruns acides et aux sols podzoliques du Plateau de Saint-Hubert	151-169
PIRAUX, E. ET HÔTE-BAUDART, E. — L'appréciation de l'état d'oxydation du beurre frais par des tests de laboratoire	377-390
RIGOT, N., NYS, L. ET LECOMTE, R. — L'ensilage des fanes de pommes de terre. Étude économique et valeur alimentaire	170-193

SEMAL, J. — Sur quelques isolements du virus de la mosaïque du concombre	194-202
SEMAL, J. — Une variante du virus de la mosaïque du concombre isolée de Colza	203-207
SINE, L. ET MEINGUET, J. — Contribution à l'étude hydraulique des nappes de drainage (1 ^{re} partie : Nappes horizontales)	208-234
TRZCINSKI, T. ET LINGER, A. — Influence de l'opérateur sur l'échantillonnage foliaire du pommier	235-242
TRZCINSKI, T., LIARD, O. ET LINGER, A. — Contribution à l'échantillonnage foliaire du pommier. Échantillonnage au hasard. Échantillonnage dirigé	243-280
VAN DEN BRUEL, W. E. ET MOENS, R. — Nouvelles observations sur les propriétés des hélicides	281-304

Encyclopédie Agronomique et Vétérinaire

MANUEL DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES

par V. LATHOUWERS

Docteur ès Sciences. Professeur à l'Institut agronomique de l'État à Gembloux

Tome I : L'Amélioration générale

En réimp.

Tome II : L'Amélioration du Froment, 580 pp., 66 fig.

150,00

LE CHÊNE PÉDONCULÉ ET LE CHÊNE ROUVRE

Leur culture en Belgique

par A. POSKIN

Professeur à l'Institut agronomique de l'État, à Gembloux.

1 vol. 283 p., 54 fig., 1 carte en couleurs.

br. 65,00

PHYTOTECHNIE DE L'HEVEA — (HEVEA BRASIL.)

Botanique — Amélioration — Culture et Exploitation

par M. FERRAND

Ingénieur Agronome (A. I. Gx), Chef de la Division de l'Hevea de l'INÉA C,

Dir. du Centre de Rech. de l'Inst. de Rech. pour les Huiles de Palme et Oléagineux de Paris

1 vol. 432 p., 67 fig., 2 hors-texte

110,00

ÉLÉMENTS DE MICROBIOLOGIE GÉNÉRALE ET AGRICOLE

par G. VERPLANCKE

Chargé de cours à l'Université de Gand et à l'Institut agronomique de Gand

1 vol. in-8°, 328 pp., 105 fig.

Épuisé

LES BOVINS

par J. LAHAYE

et

J. MARCQ

Professeur à l'École de Méd. vétérinaire, à Cureghem. Professeur à l'Institut agronomique à Gx.

Tome I : La Connaissance du Bétail, 1 vol. in-8°, 208 pp., 166 fig. 130,00

Tome II : Volume 1. Ethnographie. Hygiène. Reproduction. En réimpr.

Volume 2. Alimentation, 1 vol. in-8°, 644 pp., 20 fig. En réimpr.

TRAITÉ DE PATHOLOGIE MÉDICALE DES ANIMAUX DOMESTIQUES

par F. LIÉGEOIS

Professeur à l'École de médecine vétérinaire, à Cureghem.

1 vol. XXVI-926 p., 4^e édition, 1955.

560,00

LA FERTILISATION DU SOL ET LES ENGRAIS

par R. MEURICE

Docteur en Sciences. Directeur de la Stat. de Chimie et de Physique Agric. de l'Etat, à Gx.

1 vol. in-8° ill., 280 p.

Épuisé

TRAITÉ D'ÉCONOMIE RURALE

par A. DELOS

Professeur à l'Institut agronomique de l'État, à Gembloux.

Tome I : La Terre, 1 vol. in-8°, 280 pp., 25 fig.,

br. 50,00

Tome II : Le Capital d'exploitation, 1 vol. in-8°, 372 pp.,

Épuisé

PRÉCIS DE DROIT VÉTÉRINAIRE

par **F. LIÉGEOIS**

Professeur à l'École de médecine vétérinaire, à Cureghem

1 vol. in-8°, 332 pp.

br. 60,00

TRAITÉ COMPLET D'AVICULTURE

par **J. LAHAYE, J MARCQ** et **E. CORDIEZ**

Prof. à l'École de Médecine vétérinaire, à Cureghem. Prof. à l'Institut agronomique à Gx.

1 vol. in-8°, 660 pp., 219 fig., 9 hors-texte en quadrichromie, br. 375,00

LE CHEVAL

par **J. MARCQ**

et

J. LAHAYE

Prof. à l'Institut agron. à Gx. Prof. à l'École de médecine vétérinaire, à Cureghem

Tome I : Extérieur du Cheval, 304 pp., 193 fig.

br. 175,00

Tome II : Zootechnie spéciale. Alimentation. Hygiène. Amélioration.

br. 425,00

LA CANNE A SUCRE AUX ANTILLES FRANÇAISES

par **J. GUILLAUME**

Ingénieur, Chef de Fabrication aux Antilles.

1 vol. in-8°, ix-215 pp., fig.

br. 56,00

ÉLÉMENTS DE PATHOLOGIE VÉGÉTALE

appliquée à la Phytotechnie

par **Ém. MARCHAL**

Professeur émérite à l'Institut agronomique de l'État, à Gembloux.

P. MANIL

et

R. VANDERWALLE

Professeur à l'Institut agron. de Gembloux.

Chargé de cours à l'Inst. agron. de Gembloux.

1 vol. in-8°, xxvi-540 pp., 205 fig.

br. 290,00

ÉLÉMENTS DE PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

Les bases scientifiques de la Phytotechnie

par **Ém. MARCHAL**

Professeur à l'Institut agronomique de l'État, à Gembloux.

1 vol. in-8°, xvi-344 pp., 131 fig.

br. 225,00

TRAITÉ DE SYLVICULTURE

par **A. POSKIN**

Professeur à l'Institut agronomique de l'État, à Gembloux.

1 vol. in-8°, 532 pp., 166 fig.

br. 260,00

A TRAVERS LES FORÊTS DE PINSAPPO D'ANDALOUSIE

Étude de Dendrologie, de Sylviculture et d'Entomologie forestière.

par **A. BARBEY**

Expert forestier, Docteur ès Sciences.

1 vol. in-8°, 110 pp., 41 pl.,

br. 40,00